



ORGANIZADORES

André Peres

Sílvia de Castro Bertagnolli

Fabio Yoshimitsu Okuyama

FABRICAÇÃO DIGITAL EM ESPAÇOS CRIATIVOS EDUCACIONAIS



MPE
Mestrado Profissional em
Informática na Educação



INSTITUTO FEDERAL
Rio Grande do Sul





ORGANIZADORES

André Peres

Silvia de Castro Bertagnolli

Fabio Yoshimitsu Okuyama

FABRICAÇÃO DIGITAL EM ESPAÇOS CRIATIVOS EDUCACIONAIS

São Paulo | 2021 |



MPE
Mestrado Profissional em
Informática na Educação



INSTITUTO FEDERAL
Rio Grande do Sul



pimenta
teófilo

Copyright © Pimenta Cultural, alguns direitos reservados.

Copyright do texto © 2021 os autores e as autoras.

Copyright da edição © 2021 Pimenta Cultural.

Esta obra é licenciada por uma Licença Creative Commons: Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional - CC BY-NC (CC BY-NC-ND). Os termos desta licença estão disponíveis em: <<https://creativecommons.org/licenses/>>. Direitos para esta edição cedidos à Pimenta Cultural. O conteúdo publicado não representa a posição oficial da Pimenta Cultural.

CONSELHO EDITORIAL CIENTÍFICO

Doutores e Doutoradas

Airton Carlos Batistela

Universidade Católica do Paraná, Brasil

Alaim Souza Neto

Universidade do Estado de Santa Catarina, Brasil

Alessandra Regina Müller Germani

Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

Alexandre Antonio Timbane

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil

Alexandre Silva Santos Filho

Universidade Federal de Goiás, Brasil

Aline Daiane Nunes Mascarenhas

Universidade Estadual da Bahia, Brasil

Aline Pires de Moraes

Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil

Aline Wendpap Nunes de Siqueira

Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

Ana Carolina Machado Ferrari

Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil

Andre Luiz Alvarenga de Souza

Emill Brunner World University, Estados Unidos

Andreza Regina Lopes da Silva

Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Antonio Henrique Coutelo de Moraes

Universidade Católica de Pernambuco, Brasil

Arthur Vianna Ferreira

Universidade Católica de São Paulo, Brasil

Bárbara Amaral da Silva

Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil

Beatriz Braga Bezerra

Escola Superior de Propaganda e Marketing, Brasil

Bernadette Beber

Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Breno de Oliveira Ferreira

Universidade Federal do Amazonas, Brasil

Carla Wanessa Caffagni

Universidade de São Paulo, Brasil

Carlos Adriano Martins

Universidade Cruzeiro do Sul, Brasil

Caroline Chioquetta Lorenset

Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Cláudia Samuel Kessler

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Daniel Nascimento e Silva

Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Daniela Susana Segre Guertzenstein

Universidade de São Paulo, Brasil

Danielle Aparecida Nascimento dos Santos

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil

Delton Aparecido Felipe

Universidade Estadual de Maringá, Brasil

Dorama de Miranda Carvalho

Escola Superior de Propaganda e Marketing, Brasil

Doris Roncareli

Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Edson da Silva

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil

Elena Maria Mallmann

Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

Emanuel Cesar Pires Assis

Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil



Erika Viviane Costa Vieira
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil

Everly Pegoraro
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil

Fábio Santos de Andrade
Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

Fauston Negreiros
Universidade Federal do Ceará, Brasil

Felipe Henrique Monteiro Oliveira
Universidade Federal da Bahia, Brasil

Fernando Barcellos Razuck
Universidade de Brasília, Brasil

Francisca de Assiz Carvalho
Universidade Cruzeiro do Sul, Brasil

Gabriela da Cunha Barbosa Saldanha
Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil

Gabrielle da Silva Forster
Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

Guilherme do Val Toledo Prado
Universidade Estadual de Campinas, Brasil

Hebert Elias Lobo Sosa
Universidad de Los Andes, Venezuela

Helciclever Barros da Silva Vitoriano
*Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais
Anísio Teixeira, Brasil*

Helen de Oliveira Faria
Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil

Heloisa Candello
IBM e University of Brighton, Inglaterra

Heloisa Juncklaus Preis Moraes
Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Brasil

Humberto Costa
Universidade Federal do Paraná, Brasil

Ismael Montero Fernández,
Universidade Federal de Roraima, Brasil

Jeronimo Becker Flores
Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Brasil

Jorge Eschriqui Vieira Pinto
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil

Jorge Luís de Oliveira Pinto Filho
Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil

José Luís Giovanoni Fornos Pontifícia
Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Brasil

Josué Antunes de Macêdo
Universidade Cruzeiro do Sul, Brasil

Júlia Carolina da Costa Santos
Universidade Cruzeiro do Sul, Brasil

Juliana de Oliveira Vicentini
Universidade de São Paulo, Brasil

Juliana Tiburcio Silveira-Fossaluzza
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil

Julierme Sebastião Morais Souza
Universidade Federal de Uberlândia, Brasil

Karlla Christine Araújo Souza
Universidade Federal paraíba, Brasil

Laionel Vieira da Silva
Universidade Federal da Paraíba, Brasil

Leandro Fabricio Campelo
Universidade de São Paulo, Brasil

Leonardo Jose Leite da Rocha Vaz
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Leonardo Pinheiro Mozdzenski
Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

Lidia Oliveira
Universidade de Aveiro, Portugal

Luan Gomes dos Santos de Oliveira
Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil

Luciano Carlos Mendes Freitas Filho
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil

Lucila Romano Tragtenberg
Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, Brasil

Lucimara Rett
Universidade Metodista de São Paulo, Brasil

Marceli Cherchiglia Aquino
Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil

Marcia Raika Silva Lima
Universidade Federal do Piauí, Brasil

Marcos Pereira dos Santos
Universidad Internacional Iberoamericana del Mexico, México

Marcos Uzel Pereira da Silva
Universidade Federal da Bahia, Brasil

Marcus Fernando da Silva Praxedes
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Brasil

Margareth de Souza Freitas Thomopoulos
Universidade Federal de Uberlândia, Brasil

Maria Angelica Penatti Pipitone
Universidade Estadual de Campinas, Brasil

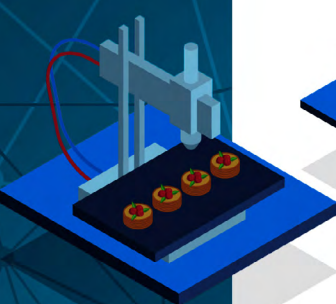
Maria Cristina Giorgi
*Centro Federal de Educação Tecnológica
Celso Suckow da Fonseca, Brasil*

Maria de Fátima Scaffo
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Brasil

Maria Isabel Imbrônio
Universidade de São Paulo, Brasil

Maria Luzia da Silva Santana
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil

Maria Sandra Montenegro Silva Leão
Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, Brasil



Michele Marcelo Silva Bortolai

Universidade de São Paulo, Brasil

Miguel Rodrigues Netto

Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, Brasil

Nara Oliveira Salles

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil

Neli Maria Mengalli

Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, Brasil

Patricia Biegging

Universidade de São Paulo, Brasil

Patricia Helena dos Santos Carneiro

Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil

Patricia Oliveira

Universidade de Aveiro, Portugal

Patricia Mara de Carvalho Costa Leite

Universidade Federal de São João del-Rei, Brasil

Paulo Augusto Tamanini

Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Priscilla Stuart da Silva

Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Radamés Mesquita Rogério

Universidade Federal do Ceará, Brasil

Ramofly Bicalho Dos Santos

Universidade de Campinas, Brasil

Ramon Taniguchi Piretti Brandao

Universidade Federal de Goiás, Brasil

Rarielle Rodrigues Lima

Universidade Federal do Maranhão, Brasil

Raul Inácio Busarello

Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Renatto Cesar Marcondes

Universidade de São Paulo, Brasil

Ricardo Luiz de Bittencourt

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Rita Oliveira

Universidade de Aveiro, Portugal

Robson Teles Gomes

Universidade Federal da Paraíba, Brasil

Rodiney Marcelo Braga dos Santos

Universidade Federal de Roraima, Brasil

Rodrigo Amancio de Assis

Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

Rodrigo Sarruge Molina

Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

Rosane de Fatima Antunes Obregon

Universidade Federal do Maranhão, Brasil

Sebastião Silva Soares

Universidade Federal do Tocantins, Brasil

Simone Alves de Carvalho

Universidade de São Paulo, Brasil

Stela Maris Vaucher Farias

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Tadeu João Ribeiro Baptista

Universidade Federal de Goiás, Brasil

Taiza da Silva Gama

Universidade de São Paulo, Brasil

Tania Micheline Miorando

Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

Tarcisio Vanzin

Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Thiago Barbosa Soares

Universidade Federal de São Carlos, Brasil

Thiago Camargo Iwamoto

Universidade de Brasília, Brasil

Thiago Guerreiro Bastos

Universidade Estácio de Sá e Centro Universitário Carioca, Brasil

Thyana Farias Galvão

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil

Valdir Lamim Guedes Junior

Universidade de São Paulo, Brasil

Valeska Maria Fortes de Oliveira

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Vanessa Elisabete Raue Rodrigues

Universidade Estadual de Ponta Grossa, Brasil

Vania Ribas Ulbricht

Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Walter de Carvalho Braga Júnior

Universidade Estadual do Ceará, Brasil

Wagner Corsino Enedino

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil

Wanderson Souza Rabello

Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Brasil

Washington Sales do Monte

Universidade Federal de Sergipe, Brasil

Wellington Furtado Ramos

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil



PARECERISTAS E REVISORES(AS) POR PARES

Avaliadores e avaliadoras Ad-Hoc

Adilson Cristiano Habowski
Universidade La Salle - Canoas, Brasil

Adriana Flavia Neu
Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

Aguimario Pimentel Silva
Instituto Federal de Alagoas, Brasil

Alessandra Dale Giacomini Terra
Universidade Federal Fluminense, Brasil

Alessandra Figueiró Thornton
Universidade Luterana do Brasil, Brasil

Alessandro Pinto Ribeiro
Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Brasil

Alexandre João Appio
Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brasil

Aline Corso
Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brasil

Aline Marques Marino
Centro Universitário Salesiano de São Paulo, Brasil

Aline Patricia Campos de Tolentino Lima
Centro Universitário Moura Lacerda, Brasil

Ana Emídia Sousa Rocha
Universidade do Estado da Bahia, Brasil

Ana Iara Silva Deus
Universidade de Passo Fundo, Brasil

Ana Julia Bonzanini Bernardi
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Ana Rosa Gonçalves De Paula Guimarães
Universidade Federal de Uberlândia, Brasil

André Gobbo
Universidade Federal da Paraíba, Brasil

André Luis Cardoso Tropiano
Universidade Nova de Lisboa, Portugal

André Ricardo Gan
Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil

Andressa Antonio de Oliveira
Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

Andressa Wiebusch
Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

Angela Maria Farah
Universidade de São Paulo, Brasil

Anísio Batista Pereira
Universidade Federal de Uberlândia, Brasil

Anne Karynne da Silva Barbosa
Universidade Federal do Maranhão, Brasil

Antônia de Jesus Alves dos Santos
Universidade Federal da Bahia, Brasil

Antonio Edson Alves da Silva
Universidade Estadual do Ceará, Brasil

Ariane Maria Peronio Maria Fortes
Universidade de Passo Fundo, Brasil

Ary Albuquerque Cavalcanti Junior
Universidade do Estado da Bahia, Brasil

Bianca Gabriely Ferreira Silva
Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

Bianka de Abreu Severo
Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

Bruna Carolina de Lima Siqueira dos Santos
Universidade do Vale do Itajaí, Brasil

Bruna Donato Reche
Universidade Estadual de Londrina, Brasil

Bruno Rafael Silva Nogueira Barbosa
Universidade Federal da Paraíba, Brasil

Camila Amaral Pereira
Universidade Estadual de Campinas, Brasil

Carlos Eduardo Damian Leite
Universidade de São Paulo, Brasil

Carlos Jordan Lapa Alves
Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Brasil

Carolina Fontana da Silva
Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

Carolina Fragoço Gonçalves
Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Brasil

Cássio Michel dos Santos Camargo
Universidade Federal do Rio Grande do Sul-Faced, Brasil

Cecilia Machado Henriques
Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

Cintia Moralles Camillo
Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

Claudia Dourado de Salces
Universidade Estadual de Campinas, Brasil

Cleonice de Fátima Martins
Universidade Estadual de Ponta Grossa, Brasil

Cristiane Silva Fontes
Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil

Cristiano das Neves Vilela
Universidade Federal de Sergipe, Brasil

Daniele Cristine Rodrigues
Universidade de São Paulo, Brasil



Daniella de Jesus Lima
Universidade Tiradentes, Brasil

Dayara Rosa Silva Vieira
Universidade Federal de Goiás, Brasil

Dayse Rodrigues dos Santos
Universidade Federal de Goiás, Brasil

Dayse Sampaio Lopes Borges
Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Brasil

Deborah Susane Sampaio Sousa Lima
Universidade Tuiuti do Paraná, Brasil

Diego Pizarro
Instituto Federal de Brasília, Brasil

Diogo Luiz Lima Augusto
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Brasil

Ederson Silveira
Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Elaine Santana de Souza
*Universidade Estadual do Norte Fluminense
Darcy Ribeiro, Brasil*

Eleonora das Neves Simões
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Elias Theodoro Mateus
Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil

Elisiene Borges Leal
Universidade Federal do Piauí, Brasil

Elizabete de Paula Pacheco
Universidade Federal de Uberlândia, Brasil

Elizânia Sousa do Nascimento
Universidade Federal do Piauí, Brasil

Elton Simomukay
Universidade Estadual de Ponta Grossa, Brasil

Elvira Rodrigues de Santana
Universidade Federal da Bahia, Brasil

Emanuella Silveira Vasconcelos
Universidade Estadual de Roraima, Brasil

Érika Catarina de Melo Alves
Universidade Federal da Paraíba, Brasil

Everton Boff
Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

Fabiana Aparecida Vilaça
Universidade Cruzeiro do Sul, Brasil

Fabiano Antonio Melo
Universidade Nova de Lisboa, Portugal

Fabricia Lopes Pinheiro
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Brasil

Fabício Nascimento da Cruz
Universidade Federal da Bahia, Brasil

Fabício Tonetto Londero
Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

Francisco Geová Gouveia Silva Júnior
Universidade Potiguar, Brasil

Francisco Isaac Dantas de Oliveira
Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil

Francisco Jeimes de Oliveira Paiva
Universidade Estadual do Ceará, Brasil

Gabriella Eldereti Machado
Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

Gean Breda Queiros
Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

Germano Ehlerth Pollnow
Universidade Federal de Pelotas, Brasil

Giovanna Ofretorio de Oliveira Martin Franchi
Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Glaucio Martins da Silva Bandeira
Universidade Federal Fluminense, Brasil

Handerson Leylton Costa Damasceno
Universidade Federal da Bahia, Brasil

Helena Azevedo Paulo de Almeida
Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil

Heliton Diego Lau
Universidade Estadual de Ponta Grossa, Brasil

Hendy Barbosa Santos
Faculdade de Artes do Paraná, Brasil

Inara Antunes Vieira Willerding
Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Ivan Farias Barreto
Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil

Jacqueline de Castro Rimá
Universidade Federal da Paraíba, Brasil

Jeanne Carla Oliveira de Melo
Universidade Federal do Maranhão, Brasil

João Eudes Portela de Sousa
Universidade Tuiuti do Paraná, Brasil

João Henriques de Sousa Junior
Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

Joelson Alves Onofre
Universidade Estadual de Santa Cruz, Brasil

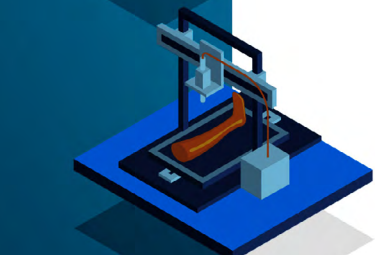
Juliana da Silva Paiva
Universidade Federal da Paraíba, Brasil

Junior César Ferreira de Castro
Universidade Federal de Goiás, Brasil

Lais Braga Costa
Universidade de Cruz Alta, Brasil

Leia Mayer Eyng
Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Manoel Augusto Polastrelli Barbosa
Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil



Marcio Bernardino Sirino
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Brasil

Marcos de Souza Machado
Universidade Federal da Bahia, Brasil

Marcos dos Reis Batista
Universidade Federal do Pará, Brasil

Maria Aparecida da Silva Santandel
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil

Maria Edith Maroca de Avelar Rivelli de Oliveira
Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil

Mauricio José de Souza Neto
Universidade Federal da Bahia, Brasil

Michele de Oliveira Sampaio
Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

Miriam Leite Farias
Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

Natália de Borba Pugens
Universidade La Salle, Brasil

Patricia Flavia Mota
Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil

Raick de Jesus Souza
Fundação Oswaldo Cruz, Brasil

Railson Pereira Souza
Universidade Federal do Piauí, Brasil

Rogério Rauber
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil

Samuel André Pompeo
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil

Simoni Urnau Bonfiglio
Universidade Federal da Paraíba, Brasil

Tayson Ribeiro Teles
Universidade Federal do Acre, Brasil

Valdemar Valente Júnior
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil

Wallace da Silva Mello
Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Brasil

Wellton da Silva de Fátima
Universidade Federal Fluminense, Brasil

Weyber Rodrigues de Souza
Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Brasil

Wilder Kleber Fernandes de Santana
Universidade Federal da Paraíba, Brasil

PARECER E REVISÃO POR PARES

Os textos que compõem esta obra foram submetidos para avaliação do Conselho Editorial da Pimenta Cultural, bem como revisados por pares, sendo indicados para a publicação.

Direção editorial Patricia Biegling
Raul Inácio Busarello

Editora executiva Patricia Biegling

Coordenadora editorial Landressa Rita Schiefelbein

Assistente editorial Caroline dos Reis Soares

Diretor de criação Raul Inácio Busarello

Assistente de arte Laura Linck

Editoração eletrônica Gabrielle Lopes
Lucas Andrius de Oliveira
Peter Valmorbida

Imagens da capa Macrovector, Rawpixel.com,
Sentavio - Freepik

Revisão Tháine Fernanda Sell

Organizadores André Peres
Sílvia de Castro Bertagnolli
Fabio Yoshimitsu Okuyama

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

F126 Fabricação digital em espaços criativos educacionais
[recurso eletrônico] / André Peres, Sílvia de Castro
Bertagnolli, Fábio Yoshimitsu Okuyama (Organizadores).
-- 1.ed.-- São Paulo, SP: Pimenta Cultural, 2021.
1 arquivo em PDF (195 p.): il.

Modo de acesso: World Wide Web.
ISBN 978-65-86734-89-8 (Livro digital)

1. Tecnologia educacional. 2. Aprendizagem. 3. Inovações
educacionais. 4. Ensino criativo. 5. Faça você mesmo.
6. Metodologia ativa. I. Peres, André, org. II. Bertagnolli, Sílvia
de Castro, org. III. Okuyama, Fabio Yoshimitsu, org.

CDU: Ed. 2007(online) -- 37.01:004

DOI: 10.31560/pimentacultural/2021.898

PIMENTA CULTURAL

São Paulo - SP
Telefone: +55 (11) 96766 2200
livro@pimentacultural.com
www.pimentacultural.com



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - IFRS

Reitor Júlio Xandro Heck
**Pró-Reitor de Pesquisa, Pós-graduação
e Inovação** Eduardo Giroto

Organizadores

André Peres
Sílvia de Castro Bertagnolli
Fábio Yoshimitsu Okuyama

Conselho Editorial

Membros natos:

Gregório Durlo Grisa
Andreia Kanitz
Maria Cristina Caminha de Castilhos França
Cimara Valim de Mello
Greice da Silva Lorenzetti
Andreis Marília Batista Hirt
Marília Bonzanini Bossle
Luiz Gaspar Fensterseifer
Sílvia Schiedeck

Membros eleitos:

Carine Bueira Loureiro
Daiane Romanzini
Daniela Sanfelice
Marcus André Kurtz Almança
Marina Lima Duro
Marina Wohlke Cyrillo
Maurício Polidoro
Paulo Roberto Janissek
Viviane Diehl

Livro desenvolvido com recursos oriundos do IFRS,
provenientes do EDITAL IFRS Número 09/2021 –
AUXÍLIO À PUBLICAÇÃO DE PRODUTOS BIBLIOGRÁFICOS.

Endereço

Rua Coronel Vicente, 281 – Bairro Centro Histórico
CEP: 90.030-041 – Porto Alegre/RS – Telefone: (51) 3930-6010
E-mail: mpie@poa.ifrs.edu.br – <https://mpie.poa.ifrs.edu.br>

APRESENTAÇÃO

A fabricação digital tem se destacado, nos últimos tempos, como uma estratégia que pode transformar a sala de aula em um espaço mais inovador, que possibilite o ensino e a aprendizagem centrada no aluno, possibilitando uma educação emancipadora. Visando incentivar mais professores a aderirem a estas possibilidades trazidas pela fabricação digital, os docentes e autores desta obra propuseram sistematizar um livro que permita ao leitor refletir sobre o movimento *maker*, a aprendizagem criativa e a fabricação digital no contexto educacional. E, além disso, mostrar caminhos para docentes e discentes que tenham interesse no tema, apresentando ferramentas, sites e máquinas que podem ser usadas no processo da fabricação digital e na criação destes espaços criativos educacionais.

Esta obra se organiza em duas partes principais: na primeira parte, são apresentados o Movimento Mão na Massa e aprendizagem criativa; na segunda parte, a partir do capítulo 5, são introduzidos alguns recursos para educadores - introdução aos conceitos básicos de tecnologias *maker*.

Nesse sentido, o livro apresenta, no capítulo 1, um breve histórico do Movimento Faça Você Mesmo (DIY - *Do It Yourself*), estabelecendo terminologias e trazendo à tona a importância de se utilizar, no ambiente educacional, estratégias que permitam desenvolver tanto as habilidades técnicas (*hard skills*) quanto as centradas no convívio (*soft skills*).

O Capítulo 2 relata como o movimento *maker* está modificando o espaço da sala de aula, e destaca que a estratégia pedagógica desse movimento tende a contemplar os mais diversos perfis de estudantes, e ainda é uma forma de focar em soluções de proble-



mas e de projetos de modo inovador, instigando a criatividade e a inventividade dos aprendizes.

O Capítulo 3 permite ao leitor mergulhar na abordagem pedagógica da aprendizagem criativa, explicitando conceitos e abordando os 4Ps: Projetos, Paixão, Pares e Pensar Brincando. O capítulo ainda aborda como a teoria do construcionismo, de Seymour Papert, influenciou a aprendizagem criativa e o movimento *maker*.

O Capítulo 4 apresenta como os espaços educacionais podem ser usados para a fabricação digital e para o desenvolvimento da abordagem pedagógica da aprendizagem criativa, apresentando, ainda, ao leitor, algumas máquinas que podem ser usadas no processo de fabricação digital.

Os capítulos 5 e 6 detalham para o leitor como duas ferramentas, Inkscape e Tinkercad, podem ser usadas para criar modelos 2D e 3D de forma mais simples, sem a necessidade de empregar conceitos técnicos complexos para a modelagem de objetos. Esses capítulos têm como foco mostrar caminhos para docentes e discentes em suas modelagens, além de apontar materiais de referência que podem ser utilizados para um aprofundamento tecnológico. De modo similar, o Capítulo 7 aborda alguns repositórios de objetos relacionados com a fabricação digital, dando ênfase especial aos projetos vinculados à educação. Percebemos que há uma grande tendência ao uso de fabricação digital no contexto educacional, nos mais diversos países, e esses repositórios possuem espaços dedicados a professores, visando mostrar possibilidades e usos da fabricação digital nos diversos níveis de ensino.

Por fim, os capítulos 8 e 9 apresentam *softwares* utilizados para viabilizar a impressão de modelos e projetos criados pelos docentes e discentes. Esses capítulos mostram caminhos para a gravação em uma máquina de corte a laser e para imprimir mode-



los em uma impressora 3D, simplificando os passos e etapas que podem ser usados para produzir de forma concreta objetos que existem em modelos digitais.

Os autores agradecem ao IFRS pelo apoio à publicação desta obra. O presente trabalho foi realizado com apoio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS).

André Peres
Sílvia de Castro Bertagnoli
Fábio Yoshimitsu Okuyama



PREFÁCIO

São 17 horas do dia 6 de fevereiro de 2020, uma quinta-feira. Desligo o computador no laboratório, me despeço dos colegas no *Media Lab* e vou em direção à estação de metrô. No trem, atravessando a ponte sob o rio Charles que conecta Cambridge a Boston, me deparo com o pensamento de toda a quinta-feira à tardinha: “o que vou criar hoje?”.

Ao chegar no Boston Fab Lab, encontro a Susan Klimczak, a fundadora deste que é o fab lab número 0001 - o primeiro a ser criado -, e diretora do programa *Learn to Teach Teach to Learn* (L2TT2L) para jovens em situação de vulnerabilidade social em uma iniciativa de mentoria de outros jovens da comunidade. Quinta à noite costumava ser o dia de laboratório aberto ao público, quando os jovens participantes do L2TT2L recebem pessoas da vizinhança e outros interessados para criar juntos ou mediar o desenvolvimento de seus projetos.

Antes de começar a criar, passeio pelo espaço. Dois ambientes com uma grande mesa central em cada um, computadores em algumas bancadas ao redor, as paredes totalmente coloridas de laranja, objetos feitos no *lab* pendurados pelo lugar e também grudados nas paredes. Frases motivacionais sobre criatividade e empoderamento. Uma das paredes repletas de ferramentas, desde botões de costura e barbante até componentes eletrônicos simples. Tudo organizado, com o seu nome em frente à gaveta armazenadora. E, olhando para o todo, há uma diversidade de materiais espalhados, em uso pelas quase 20 criações e jovens que estão ali naquela noite.

Prestando atenção ao que estão fazendo, vejo um menino usando um dos computadores para desenhar a frase “Feliz dia dos namorados!”. É véspera do *Valentine's Day* nos EUA, e pelo que observo rapidamente, alguns projetos irão se tornar presentes para terceiros.

Uma das jovens mentoras do programa veio ajudar o menino, pois estava na hora de enviar o desenho para a máquina cortadora a laser e gravar a frase em um pedaço de madeira. Ela dá algumas dicas e ele mesmo envia sua criação para o corte, e em seguida vai para a frente da máquina observar de perto a gravação até que o material esteja pronto para os recortes finais. Depois disso, ele busca algumas tintas e pincéis e senta-se na mesa central para pintar as palavras. No final, aquele projeto virou um lindo quadro decorativo para a namorada.

Neste meio tempo, encontro outra jovem no laboratório. Ela mesma está criando um projeto e decidiu que entraria no clima da data. “Você mal pode esperar para ver o meu projeto!” ela me diz, e vai buscar algo na máquina de serigrafia. Quando retorna, me mostra orgulhosa uma camiseta branca com um único desenho: um grande contorno de coração vermelho. Simples, bonito, e enchendo aquela menina de orgulho pelo que havia criado: “Eu mesma desenhei o coração original. Não é ótimo vestir a sua própria arte?”.

Inspirada pelos estudantes, decido que quero criar arte vestível. A Susan logo me mostra materiais para a criação de pulseiras e outros acessórios, além de alguns brincos na parede que poderiam servir de inspiração. Mais tarde, naquela quinta-feira, saí com um colar estampando uma bicicleta enquanto deixei a Susan com outro - ambas usamos muito este meio de transporte -, e deixei no *lab* um projeto inacabado para terminar outra hora. Acessórios cortados a laser, pintados à mão, e feitos em colaboração com outros artistas, *maker* estudantes, naquela quinta à noite.

Em outros momentos visitando o *Fab Lab*, mais criações, mais descobertas: engrenagem de teatro de bonecos para contar a história de um livro favorito; acessórios criados na CNC para divulgar o movimento “Vidas Negras Importam”; um objeto no formato do continente africano impresso em 3D incentivando jovens da comunidade a descobrirem mais sobre suas origens; para o *Halloween*, máscaras pintadas



à mão, cortadas a laser, impressas em 3D, ou feitas em papelão; e diferentes tipos de objetos estampando mensagens bordadas a partir da programação de seu desenho e frases em um *software* de computador.

Os meus dias de mão na massa com a Susan são uma experiência muito semelhante ao que acontece em escolas do mundo todo, incluindo o Brasil, quando os espaços de sala de aula são transformados ou quando a escola investe em um local exclusivo para atividades mão na massa que possam ser conectadas com os interesses e vontade de aprender dos próprios estudantes. No Brasil, tenho a oportunidade de conhecer escolas públicas municipais e estaduais em diferentes regiões do país e ver que, mesmo com pouco investimento financeiro, é possível criar espaços para atividades *maker* com alguns equipamentos de fabricação digital como cortadora a laser, impressora 3D e computadores, e conhecer professores que trabalham em turno regular ou contraturno abordando as atividades seguindo os princípios da aprendizagem criativa.

Algumas escolas têm equipamentos mais sofisticados, outras não. Estas geralmente contam com o esforço de alguns professores e até de familiares dos alunos para coletar materiais que possam ser utilizados nos projetos: são recortes de papelão, rolhas e tampas de garrafa, elementos naturais, pedaços de cano, arames e ferramentas, além de um ou outro computador utilizado para vincular os projetos físicos ao mundo digital. Com mais ou menos recursos, os educadores mostram com orgulho os projetos criados pelos estudantes - de protótipos para um parque de diversão com engrenagens que funcionam como na realidade, a mini robôs que falam e usam sensor de luz -, relatam o nível elevado de engajamento nas atividades, e o aumento do interesse dos estudantes em áreas do conhecimento da grade curricular a partir das conexões das mesmas com os seus projetos.

Os professores pesquisadores e organizadores deste livro, André Peres, Sílvia Bertagnolli e Fabio Okuyama, criaram para o lei-



tor um recurso precioso, algo que há muito tempo ouvimos ser uma demanda dos educadores quando querem começar a trabalhar com abordagens *maker* e aprendizagem criativa e gostariam de conhecer diferentes meios - especialmente os tecnológicos - para explorá-los com seus alunos. Poucos pesquisadores têm associado o movimento *maker* ou a programação para crianças com os princípios pedagógicos da aprendizagem criativa, e neste livro os autores caminham junto com o desejo de Seymour Papert para que a investigação acadêmica com informática e tecnologia na educação centralize suas observações muito mais nas ideias do que nas tecnologias.

Seymour Papert investigava o modo como as crianças aprendem quando constroem algo nesse processo, e entendia como o potencial criativo das crianças aumenta quando utilizam máquinas, controlando-as, para isso. Papert não aspirava uma sociedade educacional tecnocêntrica, que confunde inovação com tecnologia e centra os objetivos de aprendizagem na técnica ou habilidade. Ele estava interessado no modo como as crianças aprendem, e o que elas podem criar e expressar quando têm acesso a espaços, tecnologias, mediadores e materiais abertos o suficiente para apoiá-la neste desenvolvimento. Com o construcionismo, Papert influenciou o movimento *maker*, os laboratórios de fabricação digital, e uma abordagem pedagógica que incentiva a criação de projetos motivados pela paixão do estudante e, em colaboração com colegas, de forma a explorar livremente diferentes recursos disponíveis para encontrar alguma solução ou criar novos problemas a serem explorados.

É a partir da profunda experiência dos organizadores e autores estudando, mediando e experimentando possibilidades *mão na massa* e de fabricação digital com educadores e estudantes - incluindo as realizadas no POA LAB no IFRS -, e de sua exploração da aprendizagem criativa como a abordagem pedagógica, que este livro se propõe a apresentar para o leitor as ideias, conceitos e história que compõem



o movimento *maker* e os *fab labs*. O livro também apresenta a aprendizagem criativa de forma muito simples para inspirar você a imaginar, ao longo da leitura dos capítulos, como trazer as diferentes formas de fazer e as tecnologias apresentadas, para atividades que permitam aos estudantes expressarem suas ideias de uma forma que os envolve significativamente com os seus projetos, seja em um espaço de *fab lab* ou na própria sala de aula.

Se você está entrando no universo *mão na massa* agora, ou buscando novas ideias, mantenha este livro por perto! O que você tem em mãos pode acompanhar você ao explorar práticas pedagógicas que envolvam estudantes na criação de protótipos ou até mesmo de um produto final. Você pode consultar aquela dica preciosa sobre modelagem em 2D ou 3D, aprender como desenhar e criar projetos cortados a laser, conhecer repositórios de atividades *maker*, e aprofundar seus conhecimentos sobre a história e conceitualização do grande movimento que você está ajudando a construir: experiências de aprendizagem mais criativas, *mão na massa*, colaborativas e que fazem crianças e adultos aprenderem brincando.

Carolina Rodeghiero
Pesquisadora | MIT Media Lab
Coordenadora Pedagógica | RBAC
Professora Visitante | IFRS Porto Alegre



SUMÁRIO

Parte 1

APRENDIZAGEM MÃO NA MASSA E CRIATIVA

Capítulo 1

Movimento maker ou movimento mão na massa 22

Anderson Dall Agnol

Fernanda Motta Ferreira

Rosana Nitsch Pinheiro

André Peres

Silvia de Castro Bertagnolli

Fabio Y. Okuyama

Capítulo 2

Movimento maker no contexto educacional..... 27

Fernanda Motta Ferreira

André Peres

Silvia de Castro Bertagnolli

Capítulo 3

Aprendizagem criativa..... 32

Fernanda Motta Ferreira

André Peres

Silvia de Castro Bertagnolli

Capítulo 4

Fabricação digital e fab labs 58

Anderson Dall Agnol

Rosana Nitsch Pinheiro

André Peres

Fabio Y. Okuyama

Silvia de Castro Bertagnolli



Parte 2
RECURSOS PARA EDUCADORES

Capítulo 5

Modelagem 2D com Inkscape 71

Rosana Nitsch Pinheiro

Fabio Y. Okuyama

André Peres

Capítulo 6

Modelagem 3D com Tinkercad 106

Rosana Nitsch Pinheiro

Fabio Y. Okuyama

Silvia de Castro Bertagnolli

André Peres

Capítulo 7

Repositórios de fabricação digital 134

Silvia de Castro Bertagnolli

André Peres

Capítulo 8

Máquina de corte a laser 150

Rosana Nitsch Pinheiro

Fabio Y. Okuyama

André Peres

Capítulo 9

Impressora 3D 166

Rosana Nitsch Pinheiro

Fabio Y. Okuyama

André Peres



Convite a imaginar..... 186

André Peres

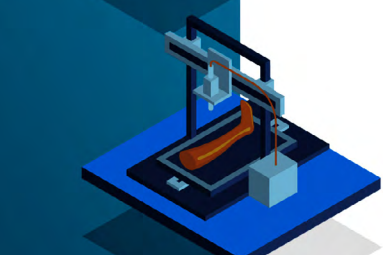
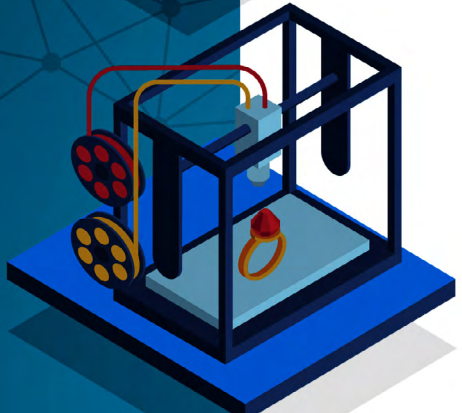
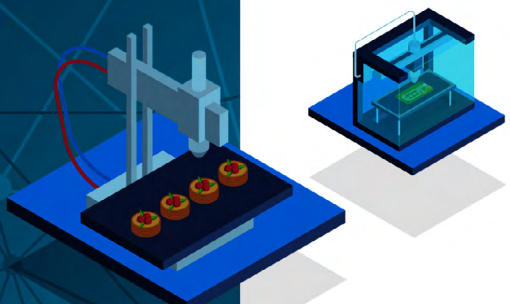
Fabio Y. Okuyama

Silvia de Castro Bertagnolli

Referências..... 189

Sobre os autores e as autoras..... 193

Índice remissivo..... 194





PARTE 1

MOVIMENTO *MAKER* OU MOVIMENTO MÃO NA MASSA

MOVIMENTO *MAKER* NO CONTEXTO EDUCACIONAL

APRENDIZAGEM CRIATIVA

FABRICAÇÃO DIGITAL E *FAB LABS*



1

Anderson Dall Agnol
Fernanda Motta Ferreira
Rosana Nitsch Pinheiro
André Peres
Silvia de Castro Bertagnolli
Fabio Y. Okuyama

MOVIMENTO *MAKER* OU MOVIMENTO MÃO NA MASSA

O Movimento Faça Você Mesmo (DIY - *Do It Yourself*) tem como princípio o desejo de indivíduos de realizarem a criação, modificação ou conserto de produtos ao invés de sua aquisição ou terceirização de sua manutenção. Também pode ser pensado “como a capacidade de ser humano de transformar seu entorno natural e adaptá-lo a suas necessidades” (CABEZA; MOURA, 2015, p. 2). Segundo esses mesmos autores, o hábito de “fazer você mesmo” foi se perdendo ao longo do desenvolvimento da industrialização, transformando os indivíduos em consumidores finais passivos. Esta atividade proporciona a pessoas comuns ou amadores¹ a possibilidade de criarem, modificarem e refletirem sobre os artefatos gerando uma forma diferente de pensar - o pensar com as mãos.

Durante o século XXI, com o amplo acesso à Internet, o DIY é amplificado através do compartilhamento do conhecimento adquirido durante o desenvolvimento de projetos e da facilidade na aquisição de componentes eletrônicos de baixo custo. A inclusão, adaptação e criação de tecnologias digitais em projetos DIY deu origem ao que chamamos de movimento *Maker*.

Dois eventos ajudaram a consolidar e popularizar o movimento *Maker* (ANDERSON, 2012): (i) o lançamento da revista *Make Magazine*², em 2005, que publica projetos envolvendo tecnologia, fabricação digital, ciências, artes e design, hoje considerada uma referência no assunto; (ii) a *Maker Faire*³, evento criado pela *Make Magazine*, tendo sua primeira edição em 2006, na Califórnia, compreendendo um dos maiores eventos do mundo e reunindo milhares de praticantes da cultura *maker*. O evento foi idealizado para celebrar a cultura *Maker* e ser um espaço para a troca de ideias, mostras de projetos e inovações.

1 Termo utilizado dentro da bibliografia sobre movimento *Maker* ou DIY para definir pessoas que não são profissionais ligados a ateliers, empresas de design, programadores ou profissionais que trabalham em laboratórios de fabricação digital.

2 Disponível em: <https://makezine.com/>.

3 Disponível em: <https://makerfaire.com>.

O Movimento *Maker* pode ser definido como a união da filosofia central do DIY com a incorporação das tecnologias digitais, mais especificamente da fabricação digital e plataformas de prototipação como as placas Arduino, na realização de projetos pessoais e comerciais (ANDERSON, 2012; CARVALHO; BLEY, 2018; CABEZA; RODRIGUES, 2015). Ainda segundo Brockveld, Silva e Teixeira (2018) *Maker Movement* é uma “extensão tecnológica” do DIY. Samagaia e Delizoicov Neto (2015) ainda acrescentam que o DIY possui um desdobramento incluindo o movimento “*Do it With Others*” (DiWO) no sentido de ser um movimento coletivo de profissionais e amadores que, através do conhecimento e de experiências adquiridas em seus projetos, passam a compartilhá-las para usufruto dos membros dessa comunidade. Ou seja, “os *Makers* identificam-se ainda a um movimento organizado, estruturado a partir da noção de mínimos recursos e máxima partilha de ideias, de projetos e de concepções” (SAMAGIA, R; DELIZOICOV NETO, 2015, p. 2).

Conforme argumenta Dall Agnol (2020) esse novo ciclo do movimento *maker* proporciona uma modificação nas relações de negócios, pois, antigamente, os insumos eram restritos a grandes empresas e indústrias “[...] hoje é possível obtê-los, na mesma qualidade, de fornecedores das pequenas empresas que se utilizam de “prototipagem rápida” para suprir suas demandas”. Para Anderson (2012, p. 16) “[se] a WEB democratizou em bits, uma nova classe de tecnologias de ‘prototipagem rápida’, desde impressoras 3D até cortadoras a laser, está democratizando a inovação em átomos”.

Convém destacar que todos os indivíduos que produzem alguma coisa criativa com utilização de ferramentas digitais ou analógicas podem ser considerados *makers*. Porém, os *Makers*, no âmbito deste livro, são as pessoas que produzem e compartilham os seus projetos através de ferramentas digitais e nisso eles se diferenciam de demais *hobistas* e adeptos do DIY. Os *Makers* produzem em rede, pois o “[...]”

SUMÁRIO

maker do nosso tempo não faz mais sozinho, e sim com os outros” (MARTINEZ; STAGER, 2013, p. 61).

Sobre práticas *mão na massa* em ambientes educacionais, Martinez e Stager (2013) afirmam que esse movimento nasceu das ideias de Seymour Papert (1985), o qual acreditava que a construção do conhecimento ocorre mais efetivamente quando o aprendiz está engajado conscientemente, construindo e interagindo com um objeto público e compartilhável, conforme estabelece a teoria de aprendizagem do Construcionismo (PAPERT, 1980). Dougherty (2016) ainda sinaliza que o movimento *maker*, através de processos da fabricação digital, traz uma transformação social, cultural e tecnológica que convida todos a participarem como produtores e protagonistas do fazer e não apenas como simples consumidores de produtos. O construcionismo de Papert ganha relevância maior ao analisarmos o papel da escola na formação da sociedade do futuro.

Esta sociedade, conforme descrito no relatório *The future of Jobs*, do Fórum Econômico Mundial (WRF, 2020a), será formada por profissionais que terão habilidades relacionadas com pensamento analítico e de inovação, aprendizagem ativa e desenvolvimento de estratégias para aprendizagem, solução de problemas complexos, pensamento crítico, criatividade, originalidade e iniciativa, liderança e influência, uso de tecnologias, programação e design de tecnologias, resiliência, flexibilidade e tolerância ao estresse, entre outros.

Já o documento *Schools of the Future Defining New Models of Education for the Fourth Industrial Revolution* (WRF, 2020b), também do Fórum Econômico Mundial, aponta a importância do sistema educacional na definição de valores e normas que possibilitem interações mais positivas entre as pessoas. É a união das habilidades técnicas (*hard skills*) com as habilidades centradas no convívio (*soft skills*) como cooperação, empatia, consciência social e cidadania global, criando uma sociedade mais inclusiva e equitativa. A escola tem papel funda-

SUMÁRIO

mental por meio de atividades que envolvam: cidadania global; inovação e criatividade; tecnologia, e habilidades interpessoais.

Neste cenário de dinamismo social, conforme Delors (2021), a escola deixa de ser o repositório de conhecimentos (que hoje são ubíquos) e o período único de aprendizagem, e passa a ser o espaço de apoio nas habilidades de Aprender a Aprender, Aprender a Conviver, Aprender a Conhecer, Aprender a Fazer e Aprender a Ser, em uma educação que ocorre ao longo da vida. Os espaços *mão na massa* das escolas devem levar em consideração estes aspectos ao definirem uma abordagem pedagógica adequada a ser utilizada no delinear das experiências de aprendizagem.



SUMÁRIO

2

Fernanda Motta Ferreira
André Peres
Sílvia de Castro Bertagnolli

MOVIMENTO *MAKER* NO CONTEXTO EDUCACIONAL

Segundo Martinez e Stager (2013), as mudanças sociais e a inovação no campo tecnológico tiveram implicações diretas na educação e na prática dentro da sala de aula. A ideia de aplicação de práticas mão na massa nas escolas é defendida também por Brockveld, Silva e Teixeira (2018), quando os mesmos levantam a crítica de que a educação tradicional, instrucionista e expositiva, da forma como ela se comporta, transmite informações prontas, de forma estática, sem a participação dos alunos na construção do processo de aprendizagem.

Se, ao contrário, utilizarmos uma estratégia pedagógica alinhada com práticas *mão na massa*, aliadas a metodologias ativas, por exemplo, o conhecimento não será simplesmente transmitido do professor para o aluno, mas construído por ele. Os alunos, quando submetidos a resolver algum problema, necessitam quebrá-lo “em partes, partindo de pressupostos para então chegar à solução, formulando teorias e construindo-as por meio da experimentação” (BROCKVELD; SILVA; TEIXEIRA, 2018, p. 58), tornando assim o processo de aprendizagem mais enriquecedor.

Complementando o raciocínio, “neste sentido, a educação associada ao Movimento *Maker* é diferenciada em relação às aulas tradicionais porque o aluno adquire ferramentas para compreender e aprimorar os conhecimentos recebidos nas aulas expositivas, ou seja, o estudante aprende a aprender” (BROCKVELD; SILVA; TEIXEIRA, 2018, p. 58). Essa estratégia oportuniza aos alunos a possibilidade de trabalharem com as atividades de planejamento de projetos, fazendo com que os mesmos desenvolvam competências como criatividade, resiliência, autonomia e os encaminha também para a cultura da colaboração e compartilhamento entre pares.

Para Resnick (2020), o Movimento *Maker* é atrativo em diversos aspectos, não apenas econômico ou tecnológico, mas também no âmbito do ensino e aprendizagem. O autor apresenta a ideia de que o movimento,

SUMÁRIO

... oferece novas formas de se envolver com experiências de aprendizagem criativa[...] conforme as pessoas fazem e criam, elas têm a oportunidade de se desenvolverem como pensadoras criativas[...] afinal, criar está na raiz da criatividade” (RESNICK, 2020, p. 32).

O autor ainda salienta que uma das colaborações mais evidentes do movimento em si é o incentivo que é dado às pessoas a desenvolverem seus projetos pessoais, sendo este um dos “Ps”⁴ da aprendizagem criativa, no qual o autor é defensor e idealizador.

Dentro do âmbito da aprendizagem e da educação, o *Mão na Massa* e Movimento *Maker* estão associados ao construcionismo de Papert, onde o cerne da teoria é que a aprendizagem seja construída com a ideia de fazer algo prático (podendo ser uma produção digital ou analógica). Para Resnick (2020, p.34), Papert deve ser considerado o “santo padroeiro” do Movimento *Maker*, defendendo que “mais do que qualquer outra pessoa, ele desenvolveu as bases teóricas do aprender criando, além de tecnologias e estratégias de apoio”.

A estratégia pedagógica desse movimento, quando aplicada de forma interativa, tende a abraçar os diversos perfis de alunos dentro da sala de aula, e ainda é uma forma de focar em soluções de problemas e de projetos de forma inovadora. No entanto, vale ressaltar a importância da implementação de uma metodologia que servirá de base para as atividades propostas, a fim de obter uma experiência significativa. Para que o Movimento *Maker* seja transformador dentro do contexto escolar é necessário que se atente às seguintes recomendações citadas por Carvalho e Bley (2018):

- crie um projeto que motive os estudantes a acreditar que eles podem fazer qualquer coisa;

SUMÁRIO

4 4Ps da aprendizagem criativa: Projetos, Paixão, Pares, Pensar Brincando.

- projete um Espaço *Maker* (que pode começar com ferramentas de eletrônica e kits educacionais muito simples e que com o tempo pode ir adquirindo máquinas);
- crie plataformas sociais (online e/ou offline) para colaboração entre alunos, professores e a comunidade;
- crie um espaço comunitário para a exposição dos trabalhos “mão na massa” realizados, incentivando mais alunos e professores a participar;
- desenvolva contextos educacionais que relacionem a prática do fazer a conceitos formais e teorias para apoiar a descoberta e a exploração, para introduzir novas ferramentas e, ao mesmo tempo, novos olhares para os processos do aprender;
- desenvolva em todos os participantes desse processo, de modo integral, a capacidade, criatividade e confiança para se tornarem agentes de mudança em suas vidas e em suas comunidades.

Em concordância com o que foi apresentado acima, Brockveld, Silva e Teixeira (2018) consideram que um projeto pedagógico que contemple o que se propõe o Movimento *Maker* não deve ser incorporado de forma impositiva, mas é recomendado que seja discutido juntos aos professores, refletindo sobre qual o objetivo da implementação de atividades *mão na massa*. Deve haver um espaço para a contribuição dos alunos e da comunidade, desde que seja de forma voluntária, incentivando o senso de engajamento e protagonismo da comunidade escolar. E, por último, é recomendado que o espaço faça parte de redes de colaboração.

Dentro de um contexto de desigualdade social, no Brasil especificamente, é importante se ater à ideia, na busca por soluções para que possa haver mudanças mais significativas na sociedade. Sendo assim, “as ações no campo da educação, seja dentro da escola ou em espaços alternativos que promovam a formação, se apresentam como elementos estratégicos de enfrentamento dos problemas que são materializados no processo de aquisição do conhecimento” (CARVALHO; BLEY, 2018, p. 31).



SUMÁRIO

A ideia de uma educação como catalisadora da mudança social em prol da igualdade de direitos não é algo novo. No Brasil, o patrono da educação brasileira, Paulo Freire, dedicou seus estudos em torno de uma educação mais inclusiva e pensada no contexto brasileiro. Blikstein (2016) diz que a inserção de tecnologias digitais na escola pode ser uma oportunidade para quem acredita na filosofia de Freire, pois essas tecnologias “possibilitam formas diversas e inovadoras de trabalhar, expressar e construir” (BLIKSTEIN, 2016, p. 839). Vale ressaltar que os autores lançaram o desafio de incluir geradores de agregação da comunidade nesses mesmos espaços (BLIKSTEIN, 2013; TEIXEIRA; SILVA, 2017).

O Movimento *Maker* pode ser concebido como uma estratégia pedagógica de ensino multidisciplinar, e pode ser aplicado sob diversos contextos, públicos, espaços (dentro ou fora das escolas) e recursos. Ou seja, é passível de aplicar em diversos graus de instrução, desde a primeira infância até o ensino superior. Também é possível incorporar aspectos tecnológicos, como o uso da plataforma Arduino, do *software* Scratch, de impressoras 3D, cortadoras a laser; e não-tecnológicos, com diversos tipos de materiais, sejam eles recicláveis ou não.

Devido a essa estratégia possuir essa característica multifacetada, é possível colocar o sujeito de forma ativa no processo de aprendizagem e ainda é viável desenvolver o aspecto colaborativo entre os pares. A aprendizagem *mão na massa* abarca influências de várias concepções teóricas, estratégias e métodos de ensino já estabelecidos na literatura. Brockveld, Silva e Teixeira (2018, p. 57) “indicam que as estratégias *Makers* têm agido a partir de pilares teóricos e pedagógicos: educação experimental; construcionismo; e pedagogia crítica”.

SUMÁRIO

3

Fernanda Motta Ferreira
André Peres
Sílvia de Castro Bertagnolli

APRENDIZAGEM CRIATIVA

A aprendizagem criativa e o movimento *maker* se inspiraram nas ideias do matemático, cientista da computação, psicólogo e educador Seymour Papert e na teoria construcionista idealizada por ele. Esta concepção pedagógica parte do viés construtivista, do pedagogo Jean Piaget, visto que o mesmo acredita que o conhecimento vem a ser construído pelo indivíduo, e não transmitido. Mas Papert vai além, passando uma mensagem sobre a supervalorização do abstrato, sendo que,

Uma das várias formas pelas quais minha concepção de que aprender pode tornar-se muito diferente é que isso poderá acontecer por uma inversão epistemológica para formas mais concretas de conhecer. Uma inversão da ideia tradicional de que o progresso intelectual consiste em passar do concreto para o abstrato [...] Usar um modo concreto de expressão permite-me mostrar e também dizer o que quero comunicar com isso, e contribui para um senso mais rico daquilo que torna o pensamento concreto mais poderoso (PAPERT, 2008, p. 133).

Ele entende que essa valorização exacerbada do abstrato surge de uma premissa limitada do que é o “concreto” para a educação. Ele não é apenas um material concreto para apoiar as formas de aprendizagem, mas sim uma das fases do desenvolvimento da teoria piagetiana. Essa confusão terminológica de simplificar o termo, que é complexo dentro do contexto da teoria, tende a gerar o fenômeno descrito anteriormente. A máxima do construcionismo é “ensinar de forma a produzir a maior aprendizagem a partir do mínimo de ensino” (PAPERT, 2008, p. 134), indicando que é necessário orientar o educando para a descoberta por si mesmo de algo que necessita/gostaria de conhecer.

Apoiando-se no provérbio sobre não fornecer o peixe, mas ensinar a pescar, o autor coloca que a afirmação pode ir mais além. Ou seja, é necessário que a criança parta para a descoberta, mas que essa descoberta faça gerar mais conhecimento. O mesmo exemplifica colocando que

SUMÁRIO

[...] evidentemente, além de conhecimento sobre pescar, é também fundamental possuir bons instrumentos de pesca - por isso precisamos de computadores - e saber onde existem águas férteis - motivo pelo qual precisamos desenvolver uma ampla gama de atividades matematicamente ricas [...] (PAPERT, 2008, p. 135).

Papert (2008) atenta a uma aprendizagem que tende a acontecer quando se é construída uma experiência de cunho prático e que traga algum significado ao aprendiz (MARTINEZ; STAGER, 2013). Quer dizer que o valor do que será construído deve partir do questionamento interno do indivíduo por um determinado fenômeno ou curiosidade e não de algo imposto por alguém (MARTINEZ; STAGER, 2013). No mesmo sentido, Resnick (2020) acrescenta que

Seymour deu um passo além, defendendo que as crianças constroem o conhecimento de forma mais eficaz quando se envolvem ativamente na construção de coisas no mundo, ou seja, quando estão criando. Ele chamou sua abordagem de construcionismo, porque une dois tipos de construção: à medida que as crianças constroem coisas no mundo, elas constroem novas ideias em suas mentes, o que as incentiva a construir novas coisas no mundo e assim por diante (RESNICK, 2020, p. 35-36).

Durante sua trajetória, Papert procurou criar ferramentas, teorias e um ambiente de aprendizagem sem repreensão, em que as crianças pudessem ter a oportunidade de interagir diretamente com as outras e criar um ambiente favorável ao surgimento de ideias (MARTINEZ; STAGER, 2013). Além disso, Papert levantou questões que mudaram o paradigma do uso de tecnologias digitais na sala de aula, com a implementação e utilização do programa LOGO. A utilização do programa visava colocar a criança de forma ativa na interação com a tecnologia, ou seja,

Em vez de o aprendiz postar-se na frente de uma tela monocromática com conteúdos pouco interessantes, a programação em Logo lhe dava autonomia para, entre outras atividades, produzir imagens gráficas coloridas e dinâmicas, em um trabalho colaborativo com alunos do mesmo nível, orientados por um professor com sensibilidade (PAPERT, 2008, p. 10).

SUMÁRIO

Essa inquietação do autor quanto às oportunidades e possibilidades de utilização de computadores e *softwares* na área da educação, além da teoria construcionista, é um dos maiores ganhos na área da educação nestes 50 anos. Ele questionava o porquê de os computadores serem utilizados de forma passiva (de forma Instrucionista) e sem imaginação, ou seja, como uma calculadora - conforme o termo usado por Martinez e Stager (2013), e mais, ele defendia que os computadores podem auxiliar no processo mental, não apenas de forma instrumental, mas na forma de pensar (PAPERT, 1980, p.4).

Portanto, as ideias de Papert, mesmo que de 50 anos atrás, se fazem importantes no processo de aprendizagem dentro e fora da escola atual. Suas argumentações conduzem a reflexões sobre a *Abordagem da Aprendizagem Criativa* e as estratégias estabelecidas no Movimento *Maker* como formas ricas de aprender, salientando que as crianças devem participar de experiências reais ao invés de apenas estar atreladas às formas mais institucionais da escola tradicional. Ou ainda, em relação à versatilidade do Movimento *Maker*, Papert enxergou que “as atividades e os valores agora adotados pelo Movimento *Maker* são consistentes com os ideais progressistas da educação” (MARTINEZ; STAGER, 2013, p. 24, tradução nossa).

A ESPIRAL DA APRENDIZAGEM CRIATIVA

O modelo tradicional de ensino orientado à instrução manteve-se o mesmo por mais de cinquenta anos sem que se tenha feito algum questionamento do quanto este iria beneficiar a criança como indivíduo, cidadão e profissional. Pensar em aprendizagem criativa é permitir que os estudantes trabalhem com projetos experimentais, através de atividades lúdicas com o espírito de descoberta, e essa estratégia supre “esta necessidade permitindo ao aluno criar e desenvolver seus

SUMÁRIO

projetos, trabalhando de maneira criativa, engajadora e envolvente com o conteúdo das aulas” (ADALBERTO, 2016, p. 1). Mas, ao longo do século 20, vários teóricos repensaram tanto na forma como a criança aprende quanto em novas metodologias e estratégias.

A proposta da aprendizagem criativa (*creative learning*) busca uma nova abordagem de ensino e de aprendizagem. Mas antes de entender esta abordagem pedagógica, é necessário entender o significado de criatividade, pois o conceito é amplo e é entendido de maneiras diferentes por diversas pessoas, ocasionado uma falta de concordância quanto ao real valor e importância de se desenvolver o pensamento criativo na sociedade atual (RESNICK, 2020).

Segundo o dicionário brasileiro da língua portuguesa, criatividade é a habilidade de criar e conceber algo (MICHAELIS, 2020). Seguindo no campo da psicologia, há diversas linhas teóricas sobre o estudo da criatividade, como, por exemplo, em estudos de Freud ou em conceitos neopsicanalistas, dando ênfase no pré-consciente do processo criativo.

Porém, a linha relevante para este trabalho circunda em torno da ideia de *insight*, ou seja, “aquele momento do processo criativo em que surge, usualmente de forma repentina, uma nova ideia ou solução para um problema” (ALENCAR; FLEITH, 2003, p. 1). Seguindo essa linha, ressalta-se que o processo criativo não é apenas uma mobilização interna do indivíduo, mas é “ainda indispensável um ambiente que propicie liberdade de escolha e de ação, com reconhecimento e estimulação do potencial para criar de cada indivíduo” (ALENCAR; FLEITH, 2003, p. 1). Os estudos sobre a criatividade, depois de abordar aspectos mais tecnicistas (traçar perfis de indivíduos criativos), passou a considerar a influência de fatores sociais, culturais e históricos em torno do pensamento criativo, corroborando em uma visão sistêmica do processo criativo (ALENCAR; FLEITH, 2003).

SUMÁRIO

Apesar do estudo da criatividade possuir um status desenvolvido por décadas no campo da psicologia, ainda há alguns equívocos que diminuem seu valor, conforme apontado nos parágrafos anteriores. Resnick (2020) elenca alguns pontos, como:

- a. que a criatividade é genuinamente ligada ao aspecto artístico. Como argumento para refutar essa afirmação, é salientado que outros profissionais podem ser criativos em suas áreas de atuação e ressalta também que o conceito ligado à expressão artística, apenas, limita a visão dos pais e ainda limita a forma de expressão criativa dos filhos por crer que não seja prioridade. Finalmente, é sugerido que se use a expressão *pensamento criativo* ao invés de criatividade para evitar esse viés equivocado;
- b. afirmar que apenas uma pequena parcela de pessoas é criativa. Contra essa argumentação, é explicado primeiramente que a criatividade não deve ser relacionada apenas a ideias totalmente novas, dignas de prêmio Nobel, mas é possível pensar em criatividade quando alguém apresenta uma ideia que solucione algo no seu cotidiano. Ele salienta que educadores focam em grandes realizações e em identificação de potenciais criadores, quando na verdade devem proporcionar que todos os estudantes se desenvolvam e atinjam seu potencial criativo;
- c. dizer que a criatividade é uma ideia que surge do momento “eureka”. Contra essa afirmação, o autor argumenta que esse momento de inspiração momentânea é apenas uma fração de tudo que compõe o processo criativo de uma trajetória longa incluindo um esforço específico que combina “a exploração curiosa com a experimentação lúdica e a investigação sistemática” (RESNICK, 2020, p. 19);
- d. declarar que a criatividade não pode ser ensinada. Essa afirmação é analisada pelo autor partindo do princípio que ensinar seja

SUMÁRIO

“dar às crianças um conjunto claro de regras e instruções de como ser criativo” (RESNICK, 2020, p. 19), no caso, realmente, dessa forma, a criatividade não pode ser ensinada, ou seja, apesar de o mesmo defender que as crianças nascem propensas a usar a criatividade por serem curiosos natos, ele coloca que é necessário criar um ambiente de aprendizagem que propicie à criança um desenvolvimento criativo. Com isso, é possível ensinar a criatividade, desde que seja “um processo orgânico e interativo” (RESNICK, 2020, p.19).

Pensar em aprendizagem criativa é conectar-se com o contexto atual, quando educar os aprendizes de forma diferente se faz necessário para que os mesmos possam se adaptar a uma sociedade em desenvolvimento. Entretanto, a ideia desse tipo de abordagem posiciona-se de forma integradora com outras menos complexas, a fim de alcançar uma aprendizagem mais efetiva e duradoura, conforme apontado por Martinez (2013). A aprendizagem criativa pode ser pensada

[...] como uma transformação pessoal a partir da conquista de novas habilidades e conhecimentos, que ocorrem através do engajamento direto na realização de projetos particulares ou coletivos que sejam genuinamente relevantes para os envolvidos. (ADALBERTO, 2016, p.2).

Resnick (2017) apresenta o relato de Chen Jining, presidente da *Tsinghua University*, no qual se refere à necessidade de modificação no modo de educar as crianças, ou seja, atenta para um desenvolvimento no espírito criativo e inovador, denominados como “Alunos X”. No depoimento, Chen afirma que necessita de alunos que vão além das notas altas nas escolas⁵, mas de indivíduos que estejam dispostos a apontar problemas para os mesmos resolverem, terem ideias novas,

5 “Muitos estudantes chineses apresentaram um bom desempenho de acordo com as medições tradicionais. Na própria Tsinghua, quase todos os alunos receberam notas excelentes do ensino fundamental até o ensino médio, e muitos continuaram tirando nota A na “Tsinghua” (RESNICK, 2017, p.3).

SUMÁRIO

que assumam riscos e ainda, se posicionem de forma a experimentar e explorar ideias, conceitos, projetos, e assim sucessivamente. Junto a Resnick, Chen visitou o Grupo Lego e presenciou crianças “se desenvolvendo como pensadoras do *estilo X*, constantemente explorando, experimentando e testando os limites – e também se desenvolvendo como pensadoras criativas” (RESNICK, 2017, p. 3), e é isso que ele queria para as crianças na China.

Quando se pensa em aprendizagem criativa, deve-se ter em mente que o desenvolvimento do pensamento criativo é o protagonista no processo. No caso, trabalha-se criatividade não só na concepção de algo novo, mas “é essencialmente a maneira pela qual o sujeito, em contexto, produz uma ação singular, marcada pelos sentidos subjetivos gerados na situação em que se encontra” (MARTÍNEZ, 2008, p. 21 *apud* MARTÍNEZ, 2013, p. 316)⁶.

Ainda seguindo na linha da autora, é uma maneira diferente de aprender, diferente da forma como é absorvido no âmbito escolar, ou seja, inclui recursos subjetivos, e pode ser configurada a partir de três processos: a personalização da informação, a análise crítica dessas informações e a produção e geração de ideias próprias (MARTÍNEZ, 2013).

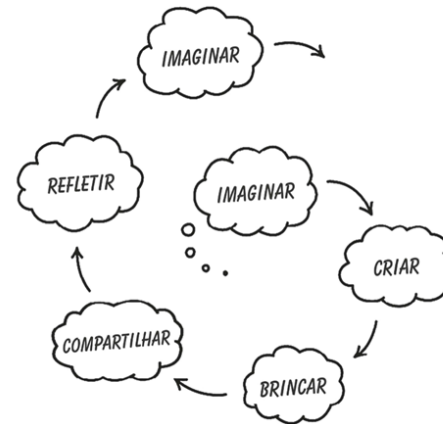
Já para Resnick (2020, p. 12), o processo de aprender dentro da aprendizagem criativa é representado pela espiral da aprendizagem criativa, a qual é “o motor do processo criativo”. Esta espiral, como o próprio nome representa, é um processo contínuo tendo como ponto de partida a imaginação, seguido da criação, compartilhamento, reflexão e novamente a imaginação, e assim sucessivamente, podendo ser repetido inúmeras vezes dependendo da atividade proposta. Ao passar por todos os itens da espiral as crianças

desenvolvem e refinam suas habilidades como pensadoras criativas, aprendem a desenvolver as próprias ideias, testá-las, expe-

6 A autora cita ela própria.

rimentar alternativas, obter as opiniões de outras pessoas e criar ideias baseadas em suas experiências (RESNICK, 2020, p. 12).

Figura 1 - Espiral da Aprendizagem Criativa.



Fonte: (RESNICK, 2020, p.11).

Ao imaginar, a criança explora possibilidades e mundos diferentes, possíveis de concretizar ou não. Ela cria um espaço libertário onde a imaginação representa “uma dimensão em que a criança vislumbra coisas novas, pressente ou esboça futuros possíveis” (GIRARDELLO, 2011, p. 76). Girardello (2011) apresenta diversos pontos evidenciando que a imaginação está ligada à emoção e à inteligência, no sentido de que ela não é apenas um dom, algo que é genuíno e não é trabalhado ou ensinado, mas também não é um dado quantificável. É evidenciado também que a imaginação não está apenas ligada à apreciação artística ou ao um conceito pré-estabelecido de forma equivocada na disjunção da emoção e razão/ arte e ciência. A imaginação pode ser definida como

[...] um modo de ver além ou de entrever, que intensifica a experiência do olhar e vice-versa [...] poderíamos também falar na imaginação como um modo de sentir além. As vivências imaginativas da infância têm um papel crucial no seu desenvolvimento estético, afetivo e cognitivo” (GIRARDELLO, 2011, p. 90).

SUMÁRIO

Apesar da importância da imaginação, o ideal é que se vá além e se parta para a ação de criar algo. Colocar a mão na massa, dar vida e testar uma ideia auxilia na visualização da sua invenção e de como melhorá-la, denominando assim outro componente da espiral da aprendizagem criativa definido por Resnick: a Criação (RESNICK, 2020). Dentro do Movimento *Maker*, criar algo é uma forma de se expressar intelectualmente, mesmo que esse resultado não seja perfeito, pois essa forma de aprendizado valoriza o processo de criação (MARTINEZ, S. L.; STAGER, 2013).

O processo de aprendizagem da criança se desenvolve a partir de processos subjetivos, como processos simbólico-emocionais (MARTÍNEZ, 2013), podendo ser incentivado com ações focando na representação simbólica, com exploração do ambiente em torno da criança e com a expressão das diversas linguagens, como palavras, desenho, imagens, movimento e assim sucessivamente, conforme é pensado no ensino em Reggio Emilia⁷ (EDWARDS; GANDINI; FORMAN, 2016). A brincadeira auxilia na forma como a criança se expressa e interage com o outro e o meio, ou seja, “as crianças estão sempre interagindo e fazendo experiências com suas criações” (RESNICK, 2020, p. 12).

Uma forma de interação com os pares é através do compartilhamento. Ao dividir as experiências e o resultado de alguma atividade, as crianças recebem feedback da comunidade para aprimorar o projeto e isso ainda pode servir de inspiração aos outros companheiros para realizar seus próprios projetos. Dentro do Movimento *Maker*, ou nas comunidades da plataforma do Scratch⁸, ou até mesmo no exemplo citado por

7 Essa é uma abordagem da educação focada na primeira infância, desenvolvida na região de Reggio Emilia na Itália pós segunda guerra mundial. Ela é fundamentada no desenvolvimento das diversas linguagens da criança. A cidade em reconstrução “construiu” uma comunidade em torno da educação e da criação do sistema educativo da cidade, sendo este descrito como, “uma coleção de escolas para crianças pequenas, nas quais o potencial intelectual, emocional, social e moral de cada criança é cuidadosamente cultivado e orientado” (EDWARDS; GANDINI; FORMAN, 2016, p. 13).

8 O Scratch é uma plataforma de criação de jogos, animações e outros recursos utilizando programação em blocos. Foi desenvolvida no MIT *Media Lab* e encontra-se disponível em diversos idiomas. Segundo o site da plataforma, “o Scratch ajuda os jovens a aprender a pensar criativamente, raciocinar sistematicamente, e trabalhar em grupo — habilidades essenciais para a vida no século 21” (SOBRE O SCRATCH). É possível acessar através do link: <https://scratch.mit.edu/>.

Resnick (2020)⁹, o compartilhamento é vital para que os pares continuem trocando ideias, criando, melhorando e compartilhando novamente.

Para Martinez (2013), o diálogo, a reflexão e a contradição tornam-se necessários para criar um ambiente de aprendizagem. Dentro da espiral da aprendizagem criativa, a reflexão também faz parte desse processo de pensar criativamente. Dentro desse mesmo exemplo utilizado por Resnick (2020) no parágrafo anterior (castelo com blocos de madeira descrito na nota de rodapé), a professora auxilia os alunos no processo de reflexão sobre o que deu errado na construção da torre do castelo, quando a mesma “mostra imagens de edifícios, e as crianças percebem que a parte inferior deles é mais ampla do que a topos. Elas decidem reconstruir a torre com uma base maior do que a anterior” (RESNICK, 2020, p. 12). É importante ressaltar que a aprendizagem criativa está alinhada com métodos ativos (MARTINEZ, 2013); com isso, a professora traz o questionamento e apresenta exemplos, mas o entendimento do que deve ser feito parte da criança.

Dentro da aprendizagem criativa, o ensino é baseado entre o equilíbrio de um ensino instrucional e um ensino que deixa as crianças livres sem interferências, direcionamento ou incentivo. A exemplo dos *Clubhouses*¹⁰, o professor funciona mais como um mentor, e “as mesmas estratégias podem ser aplicadas em qualquer ambiente de aprendizagem, desde salas de aula até comunidades *on-line*” (RES-

9 A atividade apresentada no livro *Jardim de infância para toda a vida*, no qual um grupo de crianças começa a construir um castelo com blocos de madeira, passando pelo desafio de tentar remontá-lo depois de sua queda, tentando estabilizá-la. Enquanto um grupo faz a montagem, “outra criança começa a contar uma história sobre a família que vive dentro do castelo. Seus amigos colaboram com a história, trazendo um novo personagem. As duas crianças vão e vêm incrementando continuamente a história. À medida que o castelo cresce, a história aumenta” (RESNICK, 2020, p. 10-11).

10 *Computer Clubhouses* são laboratórios de informática com o compromisso de quebrar a barreira da desigualdade social e de desenvolver a aprendizagem utilizando a computação, mas não de forma Instrucionista. O primeiro *Clubhouse* surgiu em 1993, antes da internet, com a intenção de haver um espaço que preza pela colaboração e parceria entre os usuários do local. “Hoje, existem mais de 100 Clubhouses em 20 países, conectados por uma rede on-line chamada *Clubhouse Village*, assim, os membros podem compartilhar ideias e colaborar em projetos com pares em todo o mundo” (RESNICK, 2020, p. 88).

NICK, 2020, p. 105). O mesmo, segundo Resnick (2020), deve abraçar os papéis de catalisador, consultor, conector e colaborador, o que, de forma similar e com outras palavras, Martinez (2013) relatou como papel do professor exposto previamente.

OS 4 P'S DA APRENDIZAGEM CRIATIVA

Uma maneira de desenvolver e trabalhar os pontos apresentados pela espiral da aprendizagem criativa é através de atividades que são inspiradas no jardim de infância. O ponto central de Resnick (2020) é justamente a defesa da aplicação de projetos de cunho exploratório, dinâmico e lúdico não limitados apenas ao período do jardim de infância, mas durante todo o período escolar (ensino fundamental, médio e superior). O autor critica a perda das características do ensino aplicado antes do fundamental, quando aponta que,

[...] infelizmente, após o jardim de infância, a maioria das escolas se distancia da espiral da aprendizagem criativa. Os estudantes passam grande parte do tempo sentados em suas cadeiras, preenchendo planilhas e ouvindo as lições, seja de um professor na sala de aula, seja de um vídeo no computador. Na maioria das vezes, as escolas enfatizam a transmissão de instruções e informações em vez de auxiliar os estudantes no processo de aprendizagem criativa (RESNICK, 2020, p. 12-13).

Baseado nos princípios da aprendizagem criativa, o grupo *Life-long Kindergarten*, do MIT *Media Lab*, proporciona o desenvolvimento de atividades e projetos inspirados no período pré-escolar alinhados a novas tecnologias, digitais ou não¹¹, ou seja,

[...] os estudantes criam protótipos rapidamente, fazem experimentos com eles, compartilham-nos com colegas e refletem

11 Tecnologias inclusas: Computadores, softwares, equipamentos de eletrônica, microcontroladores, cortadoras a laser, impressoras 3D, etc.

sobre o que aprenderam. Aí, chega o momento de imaginar a próxima versão do protótipo, e eles voltam à espiral muitas e muitas vezes (RESNICK, 2020, p. 13).

Resnick (2020) é responsável pela apresentação do curso *online* oferecido, gratuitamente, pelo MIT *Media Lab*, dentro do MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) denominado “Aprendendo Aprendizagem Criativa” (*Learning Creative Learning – LCL*). No Brasil, ele é apoiado pela Rede Brasileira de Aprendizagem Criativa, com materiais em português e com vídeos contendo legendas em português também. Neste curso, além de apresentar as diversas possibilidades da aprendizagem criativa em prol de uma educação mais moderna e dinâmica, o mesmo apresenta quatro princípios norteadores para auxiliar a desenvolver o pensamento criativo. Resnick (2020) denomina-os como os 4Ps da aprendizagem criativa. Resnick salienta o desenvolvimento desses conceitos sob a perspectiva do ensino ofertado no jardim de infância, mas para toda trajetória escolar, quando coloca que,

[...] nós buscamos criar oportunidades para que as crianças trabalhem em projetos onde elas começam com um tracinho de uma ideia e a desenvolvam até um projeto acabado. Nós incentivamos as crianças a seguirem suas paixões, porque nós sabemos que elas irão trabalhar por mais tempo e focadas e persistir frente a desafios quando estiverem trabalhando em coisas que elas mesmas se interessam. Nós apoiamos o trabalho com colegas, por que sabemos que a aprendizagem é um processo social não apenas um esforço individual e nós incentivamos uma abordagem lúdica da aprendizagem onde as crianças estejam constantemente experimentando, se arriscando e tentando novas coisas [...] (informação verbal)¹² (RESNICK,2017).

Dentro da fala de Resnick são apresentados os conceitos de Projeto, Paixão, Pares e Pensar Brincando, que compõem os 4Ps da aprendizagem criativa. Essas ideias não são novas, pois são inspiradas em ideias de pesquisadores de diversas áreas, porém permitem

¹² Fala de Mitchel Resnick, no curso Aprendendo Aprendizagem Criativa promovida pela Rede Brasileira de Aprendizagem Criativa.

que se tenha um guia para estruturar o desenvolvimento de atividades, sendo útil aos pesquisadores, professores, pais ou interessados em trabalhar essas ideias (RESNICK, 2020).

Projetos

Quando Resnick (2020) se refere ao “P” de Projeto¹³, ele fala sobre se arriscar, criar e fazer algo, se refere aos estudantes X¹⁴, aos que pensam criativamente. O mesmo autor relaciona a ideia de Projetos ao Movimento *Maker*, que surgiu nos Estados Unidos por volta de 2005, onde pessoas comuns reinventaram suas garagens e as transformaram em espaço de criação e compartilhamento de seus projetos. Por que é importante para Resnick (2020) a expansão do Movimento *Maker*? Porque, além de um potencial tecnológico e econômico, ele vislumbra que com esse movimento há um processo de aprendizagem e há o incentivo à criação de projetos, que resultam em “novas formas de se envolver com experiências de aprendizagem criativa” (RESNICK, 2020, p. 32).

Resnick (2020) explana sobre momentos da sua infância, quando implementou um campo de minigolfe em seu quintal. Nesse ambiente de exploração, ele percebeu que não era apenas construir o campo de minigolfe, mas entender os processos pelos quais a ideia foi concebida, as melhorias que foram realizadas, os testes em diferentes versões, a apresentação do protótipo para outras pessoas, enfim, tudo isso fez com que o autor adquirisse conhecimento em projetos, de forma experimental.

¹³ do inglês *Projects*.

¹⁴ Termo citado no livro, por Chen (presidente da Tsinghua University), quando se refere aos estudantes que assumem riscos, que experimentam, os que tendem a apresentar ideias mais inovadoras (RESNICK, 2020).

Segundo o autor, esse tipo de projeto experimental é, em essência, o aprender fazendo. Apesar da importância de se colocar a mão na massa, é necessário criar algo, ou seja, “de acordo com essa ética, as experiências de aprendizagem mais valiosas ocorrem quando você está ativamente envolvido no desenvolvimento, na construção ou na criação de algo — quando você aprende criando” (RESNICK, 2020, p. 34).

Dentro do universo da computação, é possível citar a criação da linguagem LOGO como forma de criar e dar vida às ideias (PAPERT, 2008). Essa linguagem foi desenvolvida por Seymour Papert como forma de disseminar a programação, que até então, na década de 1970, era realizada apenas por especialistas nas escolas, visto que o mesmo acreditava que todos deveriam aprender a programar. Apesar do sucesso e empolgação com o uso da LOGO nas escolas por volta da década de 1980, o entusiasmo não foi muito adiante, visto que a linguagem era complexa e o ensino continuava sendo instrucionista (RESNICK, 2020).

Diante disso, Resnick (2020) salienta que não adianta criar uma ferramenta tecnológica que tenha se desenvolvido com um grande potencial de criação, é necessário que se tenha um planejamento didático, caso contrário ela pode se tornar apenas mais uma ferramenta instrucionista. Caso não haja esse processo, a ferramenta servirá apenas como um meio de acessar informações, excluindo todo o seu poder de exploração e expressão, poder esse que Papert havia ideado inicialmente (PAPERT, 2008).

E essa análise não está presente apenas em relação à linguagem de programação idealizada por Papert, mas também em todas as tecnologias digitais oferecidas no mercado, nas quais as crianças apenas interagem com a tela à sua frente, mas não criam nada, ou refletem sobre com o que estão interagindo. Sobre isso, Resnick (2020, p. 41) salienta que “se queremos que as crianças cresçam como pensadoras criativas, precisamos proporcionar a elas diferentes maneiras de envol-

SUMÁRIO

vimento com as telas, oferecendo mais oportunidades de criarem os próprios projetos e expressarem as próprias ideias”.

Outra crítica levantada pelo autor é quanto aos brinquedos apresentados no mercado, tecnológicos ou não. Ele argumenta que apesar da complexidade de tecnologias envolvidas na implementação do brinquedo, tornando-o criativo, não quer dizer, necessariamente, que o mesmo auxiliará na exploração do pensamento criativo da criança (os blocos da LEGO seriam um exemplo de brinquedo que explora o lado “criador” da criança). Conforme a tecnologia foi melhorando, foi aumentando a capacidade de criação utilizando esses dois componentes (RESNICK, 2020). Além disso, Resnick (2020) acrescenta a criação do Scratch sendo uma nova versão do kit LEGO, como forma não apenas de interagir, mas de criar algo através da tecnologia digital.

Para auxiliar na melhoria do “P” de Projetos, devem-se considerar algumas qualidades importantes. A primeira característica que apresenta um grau de importância para a criança, apresentada por Resnick (2020), é a fluência. A fluência fornece a base para aperfeiçoar a forma como ela se expressa e, ao trabalhar essa habilidade, a criança aprimora o pensamento, sua voz e identidade. Nesse quesito, o autor salienta a importância de aprender linguagens de programação, tanto quanto a escrita e ainda, aprender a programar no Scratch de forma alinhada à aquisição dessa nova habilidade (RESNICK, 2020).

Outra característica relevante que corrobora em uma melhoria no “P” de Projeto é o desapego à maneira formal e estruturada (dentro de uma Abordagem de Ensino Tradicional¹⁵) de estabelecer a conexão entre o aluno e o conhecimento. Resnick (2020) apresenta um exemplo de uma escola que desenvolve uma proposta metodológica de Aprendizagens Baseada em Projetos (ABP), usando uma estratégia de ensino focada no Movimento *Maker* e com uma abordagem em Aprendizagem Criativa, chamada *Brightworks*, localizada na Califórnia.

15 Dentro do conceito de Ensino Tradicional apresentado por Mizukami (1986).

A visão da escola sobre o motivo de sua existência é baseado na necessidade de um mundo que “precisa desesperadamente de alunos vorazes e autodirigidos que encarem os problemas difíceis como quebra-cabeças” e ainda complementa que “estamos criando um novo modelo disruptivo para a educação - um que coloca a criança no centro da experiência de aprendizagem”, finaliza (BRIGHTWORKS AN EXTRAORDINARY SCHOOL¹⁶). O ponto defendido por Resnick (2020) é justamente a ideia desse rompimento de um modelo baseado em uma transmissão de conteúdos, entendendo que há uma preocupação geral sobre o que realmente o aluno está aprendendo dentro de uma abordagem que utiliza a ABP.

Sobre o uso da ABP como a apresentação dos conceitos teóricos para somente posteriormente aplicar o desenvolvimento dos projetos, Resnick (2020) ressalta que pode parecer lógica a forma que a escola tradicional trabalha, mas a questão é que os conceitos transmitidos estarão desconexos com o contexto do aluno. A metodologia ABP adota uma visão mais abrangente do conhecimento entendendo que o mesmo não se resume a conceitos fechados. Sobre ABP, Resnick coloca que,

A abordagem baseada em projetos é totalmente diferente: quando os alunos trabalham em projetos, eles encontram os conceitos em um contexto relevante, logo, o conhecimento é embutido em uma rica teia de associações e, conseqüentemente, os estudantes conseguem relacionar e aplicar melhor os conhecimentos a novas situações (RESNICK, 2020, p. 49).

E ainda, complementando, essa metodologia proporciona aos alunos o desenvolvimento de conhecimentos sobre estratégias de como fazer, comunicar e compartilhar algo, se ater na resolução de problemas ao longo do processo e principalmente, desenvolverem-se como pensadores criativos. (RESNICK, 2020).

16 Disponível em: <https://www.sfbrightworks.org/about-us>.

Dentro de um contexto pedagógico, a ABP é considerada uma metodologia ativa, sendo resumidamente colocada como uma forma de ensino que visa o protagonismo do aluno no processo de aprendizagem, como destacam Bacich e Moran (2018):

Metodologias ativas englobam uma concepção do processo de ensino e aprendizagem que considera a participação efetiva dos alunos na construção da sua aprendizagem, valorizando as diferentes formas pelas quais eles podem ser envolvidos nesse processo para que aprendam melhor, em seu próprio ritmo, tempo e estilo (BACICH; MORAN, 2018, p. 23).

Dentro da Aprendizagem Baseada em Projetos o foco é buscar uma solução para uma situação específica, sendo que os estudantes se envolvem em desafios a fim de resolver alguma indulgência ligada a sua vida particular. Através desses, os estudantes trabalham “também suas habilidades de pensamento crítico e criativo e a percepção de que existem várias maneiras de se realizar uma tarefa, competências tidas como necessárias para o século XXI” (MORAN, 2018, p. 61).

A aplicação da ABP em conjunto com a abordagem da aprendizagem criativa desenvolve o pensamento criativo e uma série de habilidades essenciais para o protagonismo do aluno. Já a utilização dessa metodologia com um viés instrucionista, onde o professor decide qual o projeto a ser desenvolvido, como será o desenvolvimento e qual o resultado esperado, faz com que o protagonismo do aluno seja minimizado, da mesma forma que o pensamento criativo.

Paixão

Ao apresentar atividades que possam interessar à criança, contribui-se para o seu processo de aprendizagem. O segundo “P” da aprendizagem criativa apresenta justamente esse fator que leva o aprendiz a se

SUMÁRIO

interessar por desenvolver/pesquisar/explorar algo: a Paixão¹⁷. Para Resnick (2020, p. 64) “a paixão e a motivação tornam mais provável que elas se conectem com ideias novas e desenvolvam novas formas de pensar”.

Esses interesses, quando explorados e incentivados, por mais comuns que sejam, podem gerar um ganho no escopo de conhecimento do aluno. Nesse sentido, a grande maioria dos estudantes estão dispostos “a trabalhar duro (até mesmo anseiam por isso), desde que esteja pessoalmente engajado ao que estiver fazendo” (RESNICK, 2020, p. 65), sendo, como define Papert, uma “diversão trabalhosa” (*hard fun*).

A partir dessa ideia, na década de 90, Resnick cria o primeiro *Computer Clubhouse*, sendo esse um espaço de aprendizagem “que atendesse às necessidades e aos interesses dos jovens” (RESNICK, 2020, p. 58), ou seja, um espaço que contribuísse para o desenvolvimento de projetos pessoais. Ao ouvir relatos dos professores de situações de alunos que apresentavam comportamento de desinteresse, falta de foco, falta do gosto pela leitura dentro do ambiente escolar e entendendo que essas mesmas crianças se comportavam de forma oposta dentro do centro comunitário, Resnick percebeu que o clube ofereceria uma liberdade para escolher o que fazer/desenvolver/explorar, ou seja,

[...] eles estão sempre fazendo escolhas sobre o que fazer, como fazer e com quem trabalhar. A equipe e os mentores ajudam os jovens a ganhar experiência com a aprendizagem autodirigida, ajudando-os a reconhecer, a confiar, a desenvolver e a aprofundar seus próprios interesses e talentos (RESNICK, 2020, pp. 59-60).

No espaço de tempo da criação do primeiro Clubhouse até os dias atuais, a computação evoluiu em todos os aspectos, seja em acesso à internet ou programas e equipamentos. Mesmo com esse cenário, esses espaços não perderam a relevância, pois a motivação, a paixão pela exploração, permaneceu. Tanto o *layout* quanto a forma com que são propostas as atividades, tornam o espaço atemporal (Figura 2).

17 do inglês *Passion*.

Figura 2 - Layout das Clubhouse.



Fonte: THE CLUBHOUSE NETWORK, 2020¹⁸; THE CLUBHOUSE JARDIM CONCEIÇÃO/BR, 2019¹⁹.

Dentro do grupo *Lifelong Kindergarten* expandiu-se o pensamento de Papert, que previa que o grau de eficácia de uma tecnologia em atividades educacionais deveria ser medido na forma de “pisos baixos” (*low floor*), ou seja, deveria ser acessível para os exploradores iniciantes e de “tetos altos” (*high ceiling*) visando os exploradores mais experientes, de modo que eles possam desenvolver projetos em níveis mais complexos e sofisticados. A ampliação dessa visão deu-se a partir da ideia de que a tecnologia deve amparar uma grande variedade de projetos proporcionando que o desenvolvimento dos mesmos seja realizado a partir dos interesses, desejos e paixões das crianças, e a linguagem Scratch foi pensada justamente para atender a esse quesito (RESNICK, 2020).

18 Disponível em: <https://theclubhousenetwork.org/>.

19 Disponível em: <https://www.facebook.com/computerclubhousejardimconceicao/>.

O fato de uma atividade estar ligada a um momento lúdico faz com que a aprendizagem ocorra sem que seja de forma “forçada”. Mas o mais relevante sobre a forma como o projeto/atividade está sendo desenvolvido, é que as crianças podem realizar uma reflexão do que estão aprendendo, ou das ideias que estão surgindo, ou da forma que um desafio está sendo resolvido, intercalando assim momentos de imersão e reflexão. E conforme o autor relata, a paixão é o que move esse processo (RESNICK, 2020).

Aprendizagem personalizada não é um *software* que transmite uma informação de forma personalizada ao aluno de acordo com o grau de conhecimento deste. Para ele, o termo se refere ao estudante obter “mais opções sobre o processo de aprendizagem” (RESNICK, 2020, p. 72), que o mesmo tenha o controle sobre o que e quando aprender, a partir de suas paixões e interesses, tornando a aprendizagem mais individual e com mais relevância para si.

Por último, o autor explana sobre a falta de uma estrutura rígida no processo de aprendizagem, ou seja, sem uma estrutura de uma abordagem tradicional operada na maioria das escolas. Segundo Resnick (2020), como exemplo, a estrutura de uma *Clubhouse* é diferente pois,

mostramos aos membros da organização exemplos de projetos para inspirar sua imaginação. Isso é uma forma de estrutura. Nós organizamos eventos especiais em que os participantes expõem seu trabalho. Isso também é uma forma de estrutura. Permitimos que mentores adultos ajudem os membros com seus projetos. E isso também é outra forma de estrutura (RESNICK, 2020, p. 74).

Essas estruturas servem de suporte para que os estudantes possam realizar seus projetos, com isso, esses centros tentam encontrar um equilíbrio entre a liberdade de exploração e uma estrutura de apoio. E esse é o maior desafio para um ambiente de aprendizagem (RESNICK, 2020).

SUMÁRIO

Pares

O terceiro “P” da Aprendizagem Criativa é chamado de Pares²⁰. Um dos primeiros pontos apresentados pelo autor é que um ambiente, para estimular o pensamento criativo, deve prever uma estrutura que proporciona o compartilhamento e troca de informações entre os sujeitos, seja com mesas coletivas, ou com um arranjo onde os mesmos possam circular e que possam se comunicar com os colegas. E ainda, não limitada ao arranjo físico dos móveis, mas também levando em consideração o uso das paredes como espaços de exposição de projetos, para servir de inspiração aos colegas. Como exemplo usado por Resnick (2020, p. 86) é a estrutura dos *Clubhouse* que “passa a ideia de um lugar de aprendizagem baseada em pares onde os jovens aprendem uns com os outros, facilita o trabalho em equipe e incentiva essa mentalidade”.

Outra questão levantada por ele refere-se à forma como a aprendizagem ocorre. É colocado que ao longo da história é apresentado o aprender como uma ação realizada de forma solitária, o que pode ser verdade, mas em partes. O mesmo argumenta que o pensamento é “integrado ao fazer no contexto de interagir, brincar, criar coisas, e a maioria dos pensamentos é feita em conexão com outras pessoas, compartilhamos ideias, obtemos reações, complementamos as ideias delas” (RESNICK, 2020, p. 86). Essa mesma ideia vai de encontro de uma demanda social do século XXI, onde o trabalho colaborativo é necessário para que esses esforços gerem ações necessárias para atender a essa demanda.

Uma das vantagens de um trabalho colaborativo dá-se pelo fato de poder assumir projetos mais complexos e maiores, já que sozinhos seria mais difícil. A incorporação de projetos colaborativos já é uma

²⁰ do inglês *Peers*.

realidade nas escolas, mas por vezes, é feita de forma na qual essa decisão de com quem e o que fazer não está nas mãos dos estudantes, colocando em cheque os princípios do desenvolvimento criativo onde, ao contrário, incentiva-se a se trabalhar com pessoas que tenham interesses em comum e com projetos que atendam aos interesses individuais (RESNICK, 2020).

Com o avanço da internet e o surgimento das redes sociais, o trabalho em “Pares” foi diretamente impactado. Dentro de comunidades *online*, pessoas com o mesmo interesse trocam informações, aprendem uns com os outros. O exemplo apresentado por Resnick é relatado justamente sobre essa rede de colaboração dentro da comunidade do Scratch, onde ele argumenta que

[..] nosso objetivo era criar um tipo de comunidade de aprendizagem on-line em que jovens pudessem criar, compartilhar e aprender de forma colaborativa [...] nossa prioridade era fornecer experiências de aprendizagem criativas para jovens de todo o mundo e, ao mesmo tempo, ajudar professores, pais, designers e pesquisadores a perceberem como tecnologias e comunidades online podem auxiliar na aprendizagem criativa (RESNICK, 04/2020, p. 89)

Isso significa dizer que o Scratch é mais que uma linguagem de programação, é uma plataforma de aprendizagem em que, quando um projeto é compartilhado, o mesmo pode servir de inspiração e pode receber um retorno dos pares como forma de troca de conhecimentos, ocorrendo assim, um compartilhamento orgânico e natural entre os componentes da comunidade. Além do compartilhamento, a rede funciona de forma colaborativa e motivadora, unindo vários usuários com habilidades diversas em torno de interesses em comum, auxiliando e incentivando uns aos outros. Essa gama de diversidade enriquece a comunidade, enriquece os projetos e estimula o pensamento criativo.

SUMÁRIO

Pensar Brincando

O ato de brincar pode ser entendido além da ação interativa, seja com uma tecnologia ou com outra pessoa, envolvendo também a criação, a experimentação e a exploração. Quando a criança cria, testa algo novo e explora para além dos seus limites, ela incorpora o espírito lúdico. Resnick (2020, p. 118) complementa que, “brincar não exige espaços abertos ou brinquedos caros, requer somente uma combinação de curiosidade, imaginação e experimentação”.

A pouca valorização do lúdico em detrimento de uma alfabetização formal pode apresentar uma perda para a criança, visto que a atividade lúdica é fundamental para o processo de desenvolvimento em um âmbito global da mesma, ou seja, existe a “importância do jogo e da brincadeira para o processo de humanização e desenvolvimento afetivo, social e cognitivo das crianças” (AZEVEDO; BETTI, 2014, p. 259). Resnick (2020) acrescenta que o fato do pensar brincando²¹ não ser bem compreendido é porque o mesmo é conectado à brincadeira e à diversão, apenas. O termo, segundo o autor, deve ser associado a processos de “experimentação, de se assumir riscos e de testar os limites” (RESNICK, 2020, p. 118). A exemplo do que foi apontado anteriormente, Resnick (2020), observando uma criança testando o protótipo da LEGO/LOGO, notou que: mesmo em uma situação inesperada, a criança enxergou uma oportunidade de uma nova exploração, ela utilizou experiências pessoais e finalmente, “conseguiu olhar os objetos no mundo ao redor dele e enxergá-los de novas formas” (RESNICK, 2020, p. 125).

O brincar pode estar relacionado a contextos diversos, como a brincadeiras, jogos, tocar instrumentos e com ideias, como explora Resnick (2020). Ele estabelece que o lúdico também pode relacionar-

²¹ Pensar brincando do inglês *Play*.

-se com aprender, apresentando a ideia de que algumas brincadeiras tendem a apoiar o processo de aprendizagem quando oportunizam a movimentação, a exploração, a experimentação e a colaboração.

Em relação ao contato das crianças com tecnologias digitais, Resnick (2020) defende que nesse meio há uma oportunidade de exploração de brincadeiras dentro do desenvolvimento da aprendizagem criativa, como o jogo Minecraft²² e o Scratch. Porém, essa análise é feita com ressalvas, pois quando a brincadeira não dá uma liberdade de exploração, e autonomia para criar, a mesma não cumpre o papel como incentivadora do pensamento criativo.

A exploração lúdica, quando colocada como uma abordagem de baixo para cima, oportuniza uma reação mais criativa a situações inesperadas, reavaliação de metas e planos, exploração contínua e um processo de melhoria contínua. O fato de a criança ou o estudante internalizar a ideia de exploração cria a “oportunidade de desenvolver fragmentos de conhecimento que podem integrar posteriormente uma compreensão mais completa” (RESNICK, 2020, p. 127).

O “P” de pensar brincando, dentro da Aprendizagem Criativa, proporciona o desenvolvimento do pensamento criativo para diversos perfis de crianças e aprendizes, adicionando ao “piso baixo” (*low floor*) e “teto alto” (*high ceiling*) de Papert, as “paredes amplas” (*wide walls*). Resnick coloca que “para que todas as crianças se transformem em pensadores criativos, precisamos apoiar todos os estilos de brincadeira e aprendizagem” (RESNICK, 2020, p. 129), respeitando além da forma como a criança aprende, o tempo que a mesma leva para aprender, concluindo que,

[...] idealmente, todas as crianças devem ter a oportunidade de se engajar com o mundo no estilo mais natural e confortável para cada uma delas, mas também de poder testar outros es-

22 Um jogo onde os usuários podem construir e criar dentro do próprio jogo.

tilos, para que possam mudar de estratégia de acordo com a situação. (RESNICK, 2020, p. 133)

Sobre a perspectiva de ações realizadas utilizando os preceitos desenvolvidos por Mitchel Resnick, é necessário citar o grupo de pesquisa *Lifelong Kindergarten* e Rede Brasileira de Aprendizagem Criativa²³, formada por voluntários e núcleos em todas as regiões do país.



SUMÁRIO

23 Rede Brasileira de Aprendizagem Criativa. Disponível no site: <https://aprendizagemcriativa.org/>.

4

Anderson Dall Agnoll
Rosana Nitsch Pinheiro
André Peres
Fabio Y. Okuyama
Sílvia de Castro Bertagnolli

FABRICAÇÃO DIGITAL E *FAB LABS*

A fabricação digital, no contexto do Movimento *maker*, contempla uma série de recursos tecnológicos que envolvem a produção de objetos físicos através de modelos computacionais (ALVARADO *et al*, 2009). Para Campos e Lopes (2017, p. 23), “A fabricação ou manufatura digital é o termo genérico que engloba processos distintos de manufatura que possuem o fato em comum de fazerem uso de equipamentos e máquinas de Comando Numérico Computadorizado (CNC)”. Segundo Gershenfeld (2017, p. 43) “[...] a Fabricação Digital permitirá aos indivíduos projetar e produzir objetos sob demanda, onde e quando eles precisarem.”.

De maneira mais simples, a Fabricação Digital pode ser entendida como o processo de produção de objetos físicos a partir de modelos digitais. Para produzir esses objetos são utilizados espaços (*hackerspaces*, *makerspaces* e *fab labs*) com máquinas específicas, como, por exemplo, impressoras 3D, máquinas de corte a laser, fresadoras CNC, *routers*, *plotter* de recorte e outros.

OS ESPAÇOS PARA FABRICAÇÃO DIGITAL

Com a popularização do Movimento *maker*, diversos espaços começaram a ser projetados para se tornar laboratórios de fabricação digital, objetivando a criação, a prototipação e a construção de diversos artefatos. Esses ambientes tornam-se locais propícios para o estímulo da aprendizagem, do empreendedorismo e do desenvolvimento criativo, científico e tecnológico. Como argumentam Peres (2015, p. 898):

O crescimento da comunidade *maker* resultou na criação de espaços de colaboração denominados *makerspaces* (espaços para criação de qualquer tipo de objeto, tecnológico ou não); *hac-*

SUMÁRIO

makerspaces (com foco mais voltado para tecnologia); e *fab labs*²⁴ (laboratórios com objetivos e equipamentos comuns, conectados em uma rede mundial de laboratórios); (Peres *et al.* 2015, p. 898).

Os *Fab Labs* seguem o modelo da Web colaborativa, que auxiliou na democratização das ferramentas de compartilhamento, de edição e criação, fazendo do usuário um agente de transformação e não somente um receptor passivo. Prezam pela aprendizagem prática da tecnologia, visando responder aos problemas e questões locais em abordagens colaborativas e transdisciplinares na criação de protótipos, em que o erro é parte do processo (EYCHENNE; NEVES, 2013).

Fab Labs são uma rede global de laboratórios locais, permitindo a invenção livre e fornecendo acesso a ferramentas de fabricação digital. Atualmente, existem mais de dois mil *fab labs* credenciados à rede²⁵, em mais de 40 países, de acordo com a página oficial. Para fazer parte da rede *Fab Lab*, o laboratório precisa ter um conjunto mínimo de máquinas que auxiliam na capacidade básica de fazer (quase) qualquer coisa. Esse *kit* padrão de máquinas permite que os *fab labs* de qualquer lugar do mundo repliquem projetos desenvolvidos em outros laboratórios. Esta singularidade tecnológica permite e facilita o compartilhamento do conhecimento e do saber (EYCHENNE; NEVES, 2013).

Os laboratórios *makers* compartilham diversas características entre si, sendo em grande maioria semelhantes. No entanto, o que lhes diferencia é o seu principal objetivo. Segundo a *Fab Foundation* (2019), os *fab labs* são uma plataforma de prototipagem técnica para inovação e invenção, fornecendo estímulo para o empreendedorismo local, o aprendizado e a inovação, isto é, um lugar para brincar, criar, aprender, orientar e inventar. Ser um *fab lab* significa também estar imerso em uma

24 O termo “*Maker*” surgiu com a revista *Make* em 2005. Antes disso, já existiam *fab labs* e em sua primeira edição, a revista *Make* apresenta uma entrevista com Neil Gershenfeld sobre a rede mundial de *fab labs*. Consideramos que o movimento *maker* contribuiu de forma significativa para o aumento do número de *fab labs* no mundo.

25 Dados da rede de *Fab Labs* disponível em: <https://www.fablabs.io/labs>.

comunidade de alunos, educadores, tecnólogos e pesquisadores que estão conectados em uma rede global, compartilhando conhecimentos e experiências. A *Fab Foundation* (2019) apresenta mais características dos *fab labs* em seu *Fab Charter*²⁶, conforme descrito no Quadro 1.

Quadro 1 - The Fab Charter.

O que é um Fab Lab?

Os Fab Labs são uma rede global de laboratórios locais, possibilitando a invenção e fornecendo acesso a ferramentas para a fabricação digital.

O que tem um fab lab?

Os fab labs dispõem de um conjunto de equipamentos em evolução e com capacidade para fazer (quase) qualquer coisa, permitindo que pessoas e projetos sejam compartilhados.

O que permite fazer a rede de fab lab?

Apoio operacional, educativo, técnico, financeiro e logístico, para além do que está disponível em um laboratório.

Quem pode usar um laboratório de fabricação?

Os fab labs estão disponíveis como um recurso à comunidade, oferecendo acesso aberto para indivíduos, bem como acesso agendado para programas.

Quais são as suas responsabilidades?

- segurança: não ferir pessoas nem danificar máquinas;
- operações: apoiar na limpeza, manutenção e melhoria do lab;
- conhecimento: contribuir para a documentação e educação.

Quem é o dono das invenções nos Fab Lab?

Projetos e processos desenvolvidos em *fab lab* podem ser protegidos e vendidos como o inventor escolher, no entanto, devem permanecer disponíveis para uso e aprendizagem pelos outros.

Como as empresas podem utilizar um fab lab?

As atividades comerciais podem ser prototipadas e incubadas num *fab lab*, mas não devem entrar em conflito com outras utilizações, devem evoluir para além do *fab lab*, em vez permanecerem dentro do laboratório e espera-se que beneficiem os inventores, labs e redes que contribuem para o seu sucesso

Fonte: FAB FOUNDATION (2019)

26 O *Fab Charter* especifica todos os aspectos relevantes para o funcionamento do *Fab Lab*, desde o que ele é até as questões de propriedade dos projetos desenvolvidos no *Fab Lab*. Disponível em: <http://fab.cba.mit.edu/about/charter/>

SUMÁRIO

Além das características que já foram apresentadas no Quadro 1, nos *fab labs* são realizados diversos processos de fabricação digital, podendo ser eles aditivos, subtrativos ou conformativos, conforme descreve o Quadro 2.

Quadro 2 - Processos de fabricação digital.

Processos Aditivos

O material de base é depositado por extrusão (filamentos termoplásticos ou materiais de base cimentícia), processado por sinterização a laser ou impresso por meio de aglutinantes aplicados sobre material em pó, camada sobre camada, sucessivamente, formando assim o objeto final.

Processos Subtrativos

Ocorrem quando a conformação final do objeto é obtida pelo desbaste e retirada do material de base, como nos processos tradicionais de usinagem. Fresadoras, cortadoras a laser, jato d'água e plasma são alguns dos equipamentos mais utilizados nesse tipo de processo.

Processos Conformativos

Nesse processo, o material de base não sofre desbaste, adição ou transformação de estado físico, mas sua forma é alterada diretamente pela deformação mecânica do material, utilizando-se para tanto uma calandra ou braços robóticos, por exemplo.

Fonte: (CAMPOS e LOPES, 2017)

Para realizar esses processos, existem nos *fab labs* diversos equipamentos e máquinas CNC que passaram, depois da década de 1960, a contar com programações computadorizadas. Assim, as máquinas CNC atualmente são utilizadas na produção em massa ou individual (fabricação pessoal) de peças complexas ou de grande precisão, em processos industriais, de usinagem, comunicação visual, marcenaria, artesanato, dentre muitas outras. Tais ferramentas ainda são capazes de realizar inúmeros processos, como, por exemplo, fabricar, modelar, cortar e detalhar materiais como chapas de aço, acrílico, MDF (*Medium Density Fiberboard*), PVC (Policloreto de Vinila), PS, *nylon*, couro, madeira, alumínio e inox (ENGRAVER, 2014).

SUMÁRIO

AS MÁQUINAS PARA FABRICAÇÃO DIGITAL

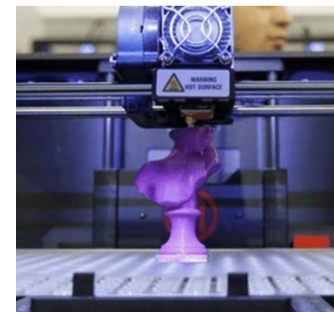
Conforme a *Fab Foundation* (2019), os equipamentos mais comuns em *fab labs* são as impressoras 3D, cortadoras a laser, fresas de precisão, as *routers*, as *plotters* de recorte (*vinyl cutter*) e impressão, dentre outros recursos e materiais.

As Impressoras 3D (Figura 3) são equipamentos utilizados para prototipagens rápidas, possibilitando criar um objeto tridimensional a partir de um modelo criado em *softwares* de modelagem 3D, por exemplo, Tinkercad, Fusion360, Freecad, OpenScad, Blender, 3DMax, entre outros. Os objetos são criados por meio de fabricação aditiva, ou seja, a impressora adiciona, através de seu bico extrusor, diversas camadas de material como plástico PLA (Poliácido Láctico) ou ABS (Acrilonitrila Butadieno e Estireno) em diferentes pontos, formando assim objetos tridimensionais, conforme ilustra a Figura 3 (à direita).

Figura 3 - Exemplos de Impressoras 3D e Processo Aditivo.



Fonte: <https://www.filipeflop.com/produto/impressora-3d-creality-ender-3/>.



Fonte: <https://3dlab.com.br/o-que-fazer-com-uma-impressora-3d/>.

SUMÁRIO

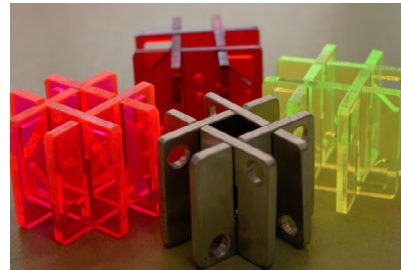
É possível encontrar disponíveis, de forma gratuita, programas e repositórios de modelos online para a criação de modelos 3D de forma simples, que podem ser usados inclusive mesmo para aqueles que não possuem experiência em modelagem - apresentaremos exemplos destes programas no Capítulo 7. A máquina cortadora a laser (Figura 4), é uma máquina CNC “[...] que direciona com muita precisão um feixe de laser de CO₂ sobre o material a ser cortado, ou gravado, movimentando-se sempre em dois eixos (X e Y)” (EYCHENNE; NEVES, 2013, p.29). Ela possibilita cortar e gravar em diferentes materiais (papelão, plástico, madeira, MDF e acrílico), além de permitir a construção de objetos e artefatos em duas dimensões (2D), sendo que em alguns casos as peças cortadas podem ser justapostas produzindo objetos com volume (Figura 5).

Figura 4 - Exemplo de cortadora a laser.



Fonte: <http://fabmanager.facens.br/#!/machines/Cortadora%20laser>.

Figura 5 - Exemplos de artefato confeccionado com a cortadora a laser.



Fonte: <https://www.instructables.com/Hashtag-Puzzle/>.

A fresadora (Figura 6) é um equipamento que permite a criação de objetos usando o processo subtrativo, ou seja, removendo material, ou esculpindo uma peça. Existem dois tipos de fresadoras: (i) a de precisão que “[...] é uma máquina por comando numérico dotada de uma fresa em sua cabeça que se move sobre três eixos (X, Y e Z). A fresa desbasta o material, retirando parte dele seguindo o desenho que lhe foi enviado. (EYCHENNE; NEVES, 2013, p.30); e a (ii) fresadora de Grande Formato (*router*) que “[...] é dotada de uma cabeça de corte mais poderosa e é adequada à usinagem de materiais densos sobre grandes superfícies de trabalho (EYCHENNE; NEVES, 2013, p.31). As fresadoras são utilizadas quando os projetos passam a envolver níveis de complexidade maiores e necessitam da usinagem de materiais.

Figura 6 - Exemplo de fresadora.



Fonte: POA Lab/IFRS (2019).

As *routers* são fresadoras CNC (Figura 7) versáteis e projetadas para usinar materiais mais leves como madeira, polímeros, ligas de alumínio, plástico, borracha, espuma, isopor, dentre outros, possibilitando criar objetos 2D e 3D, como esquematizado na Figura 8 (POLASTRINI, 2016).

Figura 7 - Exemplo de uma router CNC.



Fonte: POA Lab/IFRS (2019).

Figura 8 - Exemplos de objetos confeccionados com router CNC.



Fonte: <https://www.instructables.com/Settlers-of-Catan-Table-Top-Game-Piece-Tray/>.

SUMÁRIO

Os *plotters* de recorte (Figura 10) são equipamentos que permitem o corte de adesivos de vinil, papel, EVA, papelão, tecido, dentre outros materiais, a partir de arquivos vetoriais em 2D. Ela é basicamente igual a uma impressora de papel, que ao invés de reservatórios de tinta, possui em sua cabeça de impressão uma lâmina de aço que corta o material que passa por ela. (EYCHENNE; NEVES, 2013). A Figura 11 ilustra um adesivo confeccionado no *plotter* de recorte disponível no POALab.

Figura 10 - Exemplo de um *plotter* de recorte.



Fonte: POA Lab/IFRS (2019).

Figura 11 - Exemplo de adesivo confeccionado em um plotter de recorte.



Fonte: POA Lab/IFRS (2019).

Outras máquinas complementares podem ser disponibilizadas nos *Fab labs* como: máquina de costura, bordado, máquinas para prototipar circuitos impressos, entre outras. Um *fab lab* também disponibiliza variados componentes eletrônicos e plataformas de prototipagem eletrônica, como a Arduino e a Raspberry Pi (EYCHENNE; NEVES, 2013).

Campos e Lopes (2017) explicam que, em qualquer uma das máquinas ou processos, seja ele aditivo, subtrativo ou conformativo, a lógica é sempre a mesma, ou seja, é gerado um modelo virtual por computador nos quais são introduzidos os parâmetros pertinentes à fabricação. Após ser feito isso, o *software* gera instruções numéricas (arquivos que normalmente possuem comando no formato G-Code: uma linguagem para equipamentos CNC), que vai para o equipamento, seja ele uma impressora 3D, uma cortadora a laser, uma fresa, um *router* ou outra ferramenta, de modo que ela execute todas as tarefas necessárias para a confecção de um determinado objeto.

SUMÁRIO

Assim, esses mesmos autores explicam que, diferentemente da manufatura tradicional em série que utiliza máquinas genéricas que são ajustadas ou até mesmo fabricadas para executar uma mesma tarefa específica indefinidamente, essas máquinas podem fabricar objetos em uma escala da ordem de uma ou poucas unidades. Portanto, as ferramentas mostradas são equipamentos flexíveis e versáteis para as quais não existem formas ou ajustes predefinidos, pois elas obedecerão às instruções contidas em um código (d) correspondente, possibilitando assim um alto grau de personalização ou customização dos artefatos produzidos, conforme o desejo de seus usuários (CAMPOS e LOPES, 2017).

Um *fab lab* pode ser considerado como um processador, onde ideias entram e objetos saem. Um lugar de inspiração e compartilhamento de conhecimentos, capaz de representar ideias em bits e bits em átomos.

A transposição de ideias em bits requer o auxílio de ferramentas computacionais de modelagem em duas e/ou três dimensões. O domínio destas ferramentas requer prática. Para auxiliar o leitor nesta caminhada, apresentamos algumas ferramentas e conceitos sobre a modelagem para a fabricação.



SUMÁRIO

PARTE 2

MODELAGEM 2D COM *INKSCAPE*

MODELAGEM 3D COM *TINKERCAD*

REPOSITÓRIOS DE FABRICAÇÃO DIGITAL

MÁQUINA DE CORTE A LASER

IMPRESSORA 3D



5

Rosana Nitsch Pinheiro
Fabio Y. Okuyama
André Peres

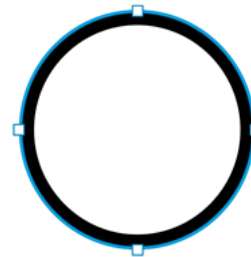
MODELAGEM 2D COM *INKSCAPE*

A modelagem 2D ou modelagem bidimensional é feita através de *softwares* de criação de imagens. Através desses *softwares* é possível fazer desenhos digitais 2D e transformar uma ideia em um protótipo através da fabricação digital.

Esses *softwares* de criação bidimensional, ou 2D, utilizam o sistema de desenho vetorial, que é uma imagem criada a partir de combinações matemáticas e geométricas entre ligações de pontos e linhas, também chamados de nós e caminhos. A imagem é salva em uma extensão de arquivo de vetor, caso contrário vira uma imagem *bitmap* comum, ou seja, uma imagem composta de *pixels* – minúsculos pontos de cor que compõem uma imagem digital ou impressa. As máquinas que cortam de modo bidimensional, como, por exemplo, a cortadora a laser e a *plotter* de recorte, usam arquivos de imagem vetorial.

Na Figura 12, tem-se a imagem de um círculo com a marcação do vetor. A parte preta (círculo mais grosso e interno) é a representação gráfica de um círculo, a linha azul (círculo mais fino e externo) é a representação gráfica da linha ou caminho e os quadrados são os pontos ou nós.

Figura 12 - Exemplo de Imagem com Marcação de Vetor.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Quando arquivos de vetor são utilizados para fins de corte, somente a parte do vetor é levada em consideração, sendo que o

círculo preto é somente um resultado estético para melhor compreensão da pessoa que está desenhando. Os *softwares* de modelagem 2D também são utilizados para a criação de imagens com finalidades artísticas e gráficas.

Para este livro, selecionamos o *software Inkscape 1.0.2²⁷* para a construção de arquivos vetoriais, usado na criação de diversos recursos gráficos, como ilustrações, logos, ícones, entre outros. Destaca-se que é um programa executável nos sistemas operacionais Windows, Mac OS e no GNU/Linux, e é um *software Open Source* muito utilizado para fabricação digital.

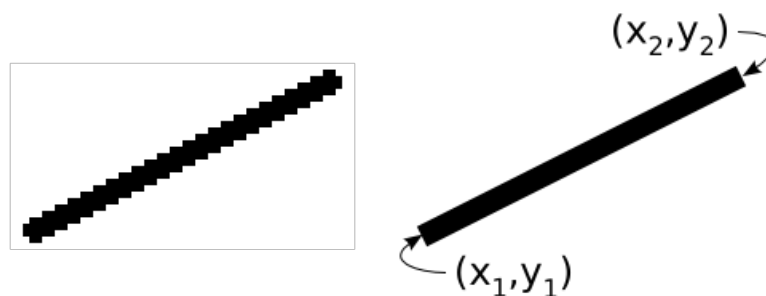
O QUE EU PRECISO SABER ANTES DE UTILIZAR O INKSCAPE?

Pessoas que não trabalharam com modelagem 2D ou 3D já devem ter usado as imagens do tipo *bitmap* (ou *raster*). Geralmente, as imagens que são encontradas na Internet são imagens de *bitmap*, isso é, são feitas de pixels. Cada pixel possui uma cor e a imagem que é visualizada é o resultado dessa combinação de pixels. As figuras *bitmaps* utilizam, entre outros, os seguintes formatos: .JPG, .BMP, .PNG.

Quando uma imagem *bitmap* é aberta em um programa de edição de imagens vetoriais e é ampliada, tem-se um resultado como ilustrado na Figura 13 à esquerda, identificando na borda da linha a presença dos pixels. Já uma imagem vetorial (Figura 13 à direita) pode ser ampliada sem sofrer perdas, pois cada vez que a figura é redimensionada (aumentamos ou diminuímos) o programa recalcula como cada ponto da figura se posiciona.

²⁷ Disponível em: <https://inkscape.org/>.

Figura 13 - Bitmap x Vetorial.



Fonte: Inkscape - <http://tavmjong.free.fr/INKSCAPE/MANUAL/html/Introduction-VectorGraphics.html>.

A Figura 14 ilustra um exemplo de um retângulo vetorial no Inkscape. É importante destacar que a forma à esquerda (Figura 14) representa o modo correto de criação de uma forma vetorial, já à direita tem-se uma forma incorreta, isso ocorre porque a forma não está completamente fechada. Para produzir uma forma vetorial aberta é necessário modelá-la totalmente fechada em si, começando em um ponto e terminando no mesmo.

Figura 14 - Modelagem 2D criando formas.



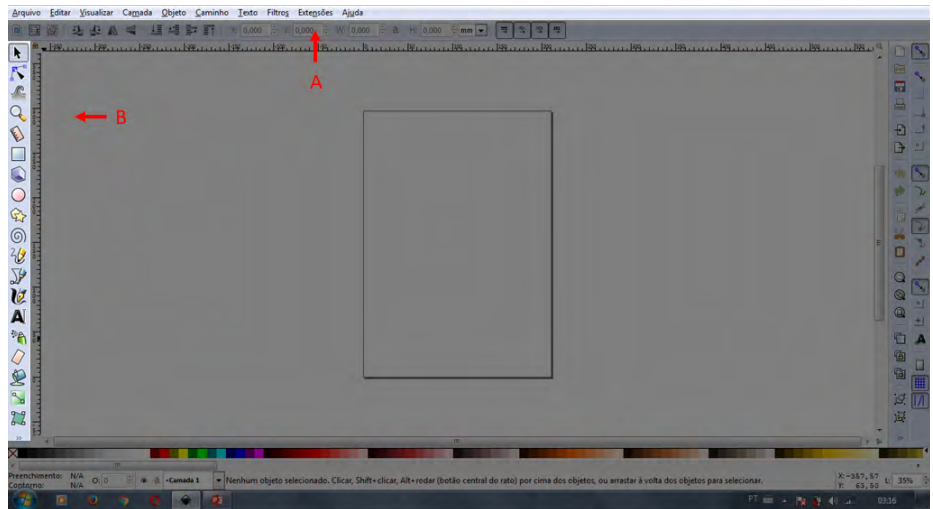
Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

O formato vetorial é usado em diversos programas, por exemplo: Inkscape, Illustrator, CorelDraw, entre outros. Observa-se que o Photoshop, apesar de ser conhecido por trabalhar com figuras do tipo *bitmap*, também possui uma funcionalidade de vetor, sendo que um arquivo feito em vetor no Photoshop deve ser salvo em *.EPS*. Existem diversas extensões/formatos que uma imagem vetorial pode usar, no padrão do Inkscape é *.SVG*.

INTRODUÇÃO AO LAYOUT DO INKSCAPE

A tela inicial do Inkscape é organizada no menu superior (Figura 15 - item A) e à esquerda tem-se a caixa de ferramentas (Figura 15 - item B). Com esse menu superior, é possível acessar as principais funcionalidades do Inkscape, e no menu à esquerda tem-se as ferramentas que podem ser usadas para modificar e manipular as imagens vetoriais.

Figura 15 - Inkscape - Menu Superior e Caixa de Ferramentas.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

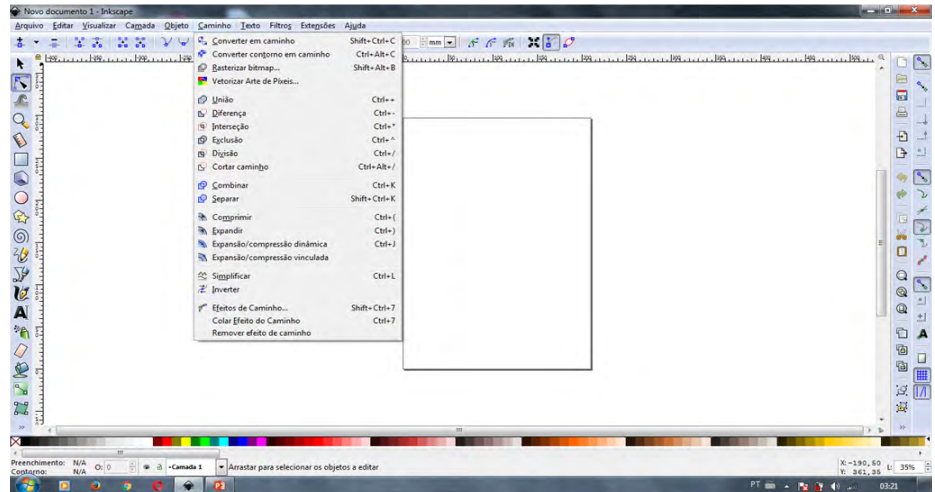
Na parte superior, abaixo da barra de menus, tem-se ainda as opções da barra de ferramentas, que permitem acessar as opções da caixa de ferramentas.

No menu “Objeto” têm-se as configurações do objeto em si, como contorno, agrupamento, posição, entre outras. Destaca-se que objeto é o nome dado ao arquivo que está sendo elaborado, e que também pode ser chamado de vetor, imagem, forma, entre outros.

SUMÁRIO

No Inkscape, o nome “Caminho” é uma outra forma de denominar a estrutura vetor. Logo, no menu “Caminho” (Figura 16) encontram-se as configurações dos vetores.

Figura 16 - Inkscape - Menu Caminho.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

MANIPULANDO IMAGENS

Para navegar na tela do Inkscape, é possível usar diversas opções, sendo a forma principal de navegação o uso a barra de rolagem lateral (*scroll* - rolagem do mouse) e observa-se que a área de trabalho é movida verticalmente. Para movimentar a área de trabalho horizontalmente, pode-se usar a combinação de teclas “Shift + Scroll” do Mouse.

Para aproximar ou afastar a área de trabalho (+ - zoom) deve-se usar a combinação de teclas “Ctrl + Scroll”. Outra forma de mexer no

SUMÁRIO

zoom é clicando na opção visualizar, depois em zoom, então escolher uma das opções mostradas, como ampliar ou reduzir.

É viável movimentar o zoom clicando na ferramenta lupa (Figura 17). Quando essa ferramenta é selecionada, surgem novas opções no menu opções de ferramentas. Usando essa ferramenta pode-se enquadrar o objeto da forma desejada.

Figura 17 - Inkscape - Movendo a Imagem na Área de Trabalho.

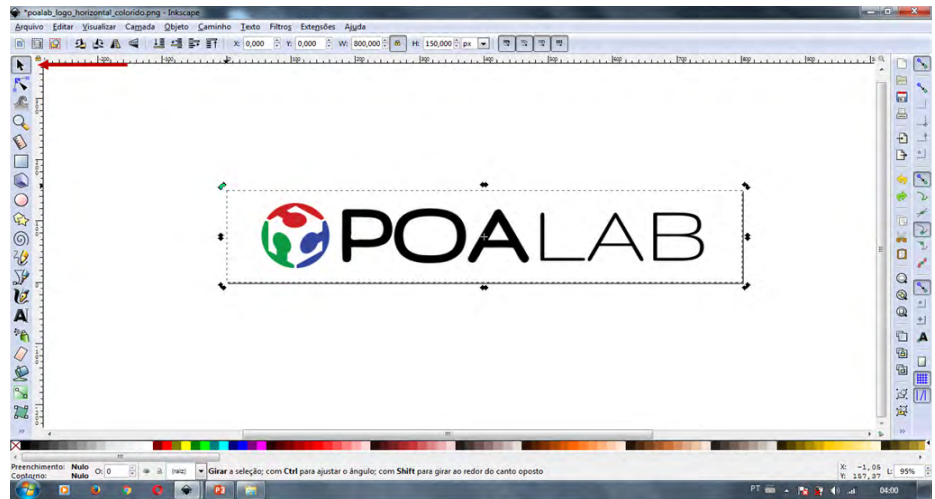


Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Fazendo um quadrado de seleção com a ferramenta Lupa, pode-se aproximar uma área específica do objeto. Ao clicar com a ferramenta lupa fora da área de trabalho o zoom será diminuído.

Para girar o objeto na área de trabalho, deve-se clicar duas vezes com a ferramenta de seleção selecionada, em destaque na Figura 18 à esquerda. A partir dessa seleção, as setas da lateral da figura selecionada ficarão curvas. Ao clicar apenas uma vez sobre a imagem ela ficará selecionada, após essa seleção o tamanho da imagem poderá ser ajustado.

Figura 18 - Inkscape - Selecionando a Imagem.



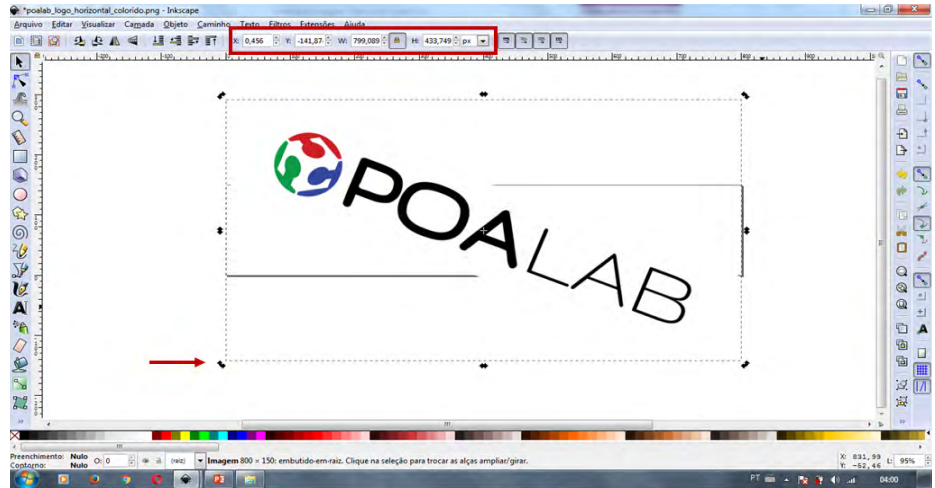
Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Clicando e arrastando as setas que ficam nos cantos da imagem selecionada, o objeto irá girar no seu próprio eixo, segurando a tecla "Ctrl", ele irá girar no eixo oposto ao qual se está clicando.

Quando se está com o objeto selecionado, aparece na caixa de opções da caixa de ferramentas as letras X, Y, W e H (destaque na figura 19). As letras X e Y se referem ao posicionamento do objeto na área de trabalho, X e Y em zero significa que o objeto está na parte inferior esquerda da área de trabalho. Já as letras W e H vem do inglês *width* (largura) e *height* (altura) e se referem ao tamanho do objeto. É possível modificar o tamanho do objeto digitando um número dentro dos campos e, ao lado do campo H, existe uma opção com a configuração da unidade de medida. Pode-se selecionar se a medição estará em mm (milímetros), px (pixels), cm (centímetros), entre outras. É importante ressaltar que o uso de medidas em milímetros e centímetros é normalmente respeitado pelos equipamentos de fabricação digital, o que facilita a transformação da imagem em protótipo com precisão. Observa-se que entre as letras W e

H pode-se ver o desenho de um cadeado. Se o cadeado estiver fechado quando o valor dentro de um campo é alterado (H ou W), ele muda o outro automaticamente com o objetivo de manter a proporção do objeto.

Figura 19 - Inkscape - Selecionando a Imagem.

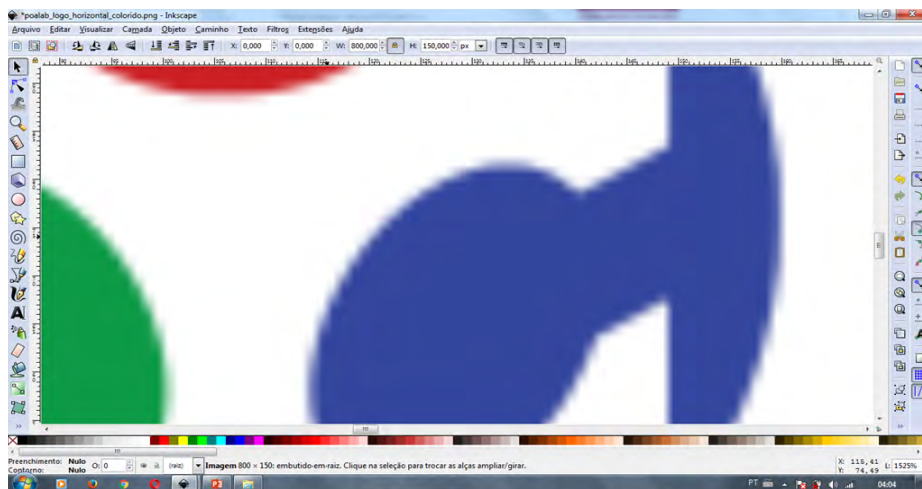


Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

COMO VETORIZAR UMA IMAGEM *BITMAP*?

Uma imagem *bitmap* (uma imagem não vetorial) pode ser convertida/transformada em um vetor automaticamente pelo Inkscape. É importante destacar que, nesse processo, é possível que ocorra alguma perda significativa no processo de conversão. Para identificar se uma determinada imagem é um *bitmap*, basta aproximar (zoom), e se for possível ver os pixels da imagem, como ilustra a Figura 20, então a imagem está no formato *bitmap* e não vetorial.

Figura 20 - Inkscape - Transformando Bitmap para Vetorial.

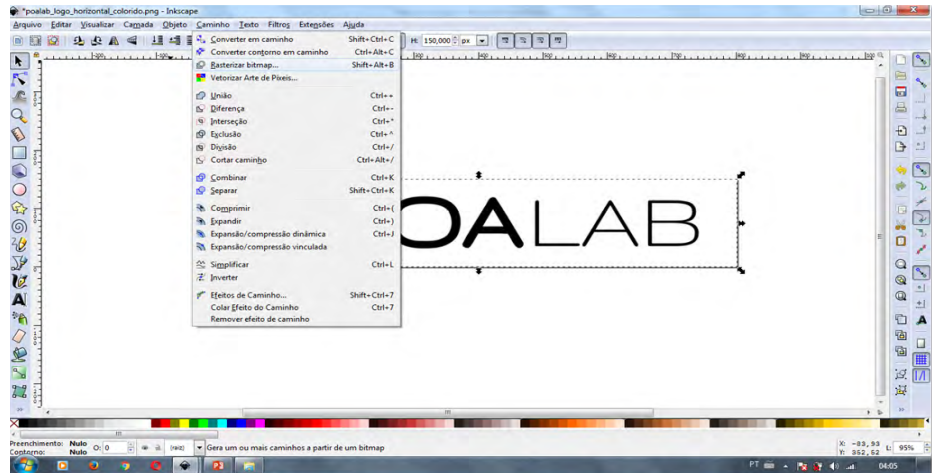


Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Se este for o caso, para convertê-lo é necessário selecionar o objeto, abrir o menu “Caminho” e clicar em Rasterizar²⁸ *bitmap* (Figura 21).

²⁸ Rasterizar compreende a conversão de pixels ou pontos em imagem vetorial. Esse termo também pode ser usado para converter uma imagem composta de vetores para um arquivo em outro formato, como SVG para PNG.

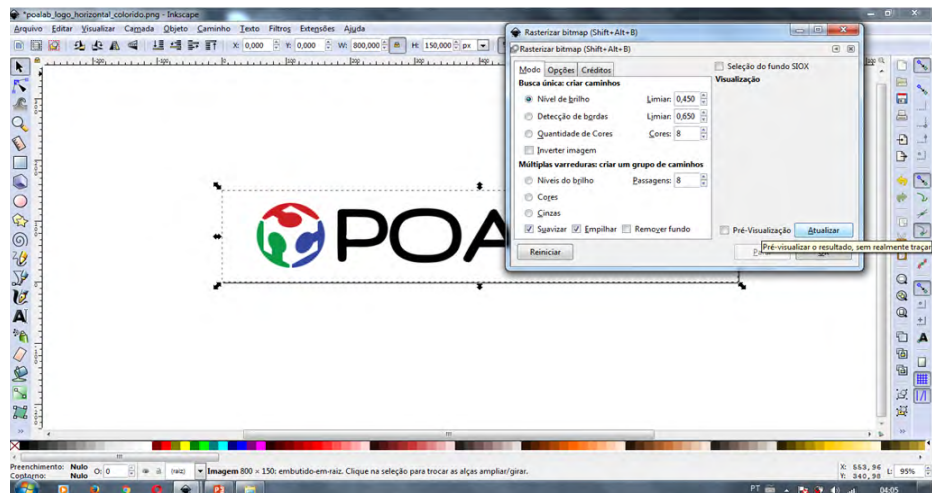
Figura 21 - Inkscape - Como Rasterizar um Bitmap para Vetorial. (Passo 1)



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Ao clicar no menu “Rasterizar” (Figura 21) abrirá a janela de opções do Rasterizar *bitmap*. Nela, pode-se clicar em “Pré-visualização” e em “Atualizar” para acompanhar os resultados temporários desse processo (Figura 22).

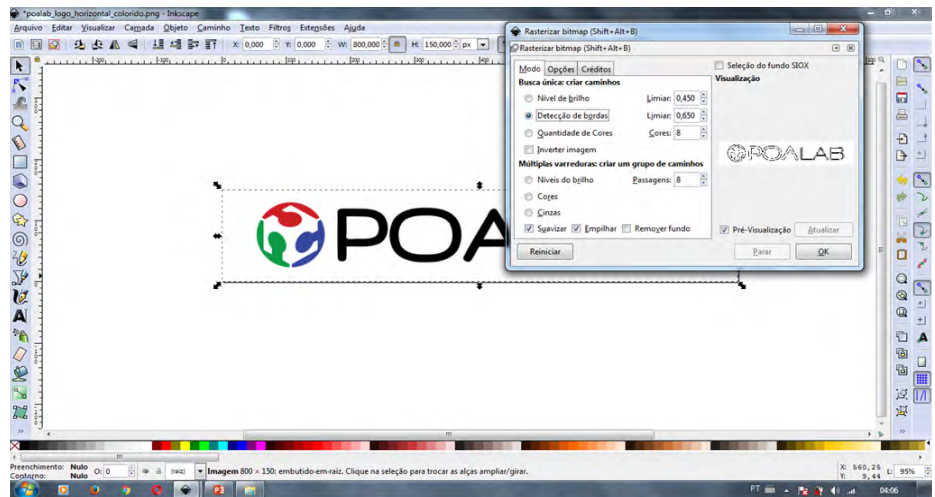
Figura 22 - Inkscape - Como Rasterizar um Bitmap para Vetorial. (Passo 2)



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Para um desenho com pouca graduação de cores, como o do exemplo da Figura 22, é possível usar a opção “Detecção de bordas” e, clicando na janela de “Limiar”, pode-se configurar uma detecção maior ou menor (Figura 23). Essa escolha depende muito da imagem a ser vetorizada.

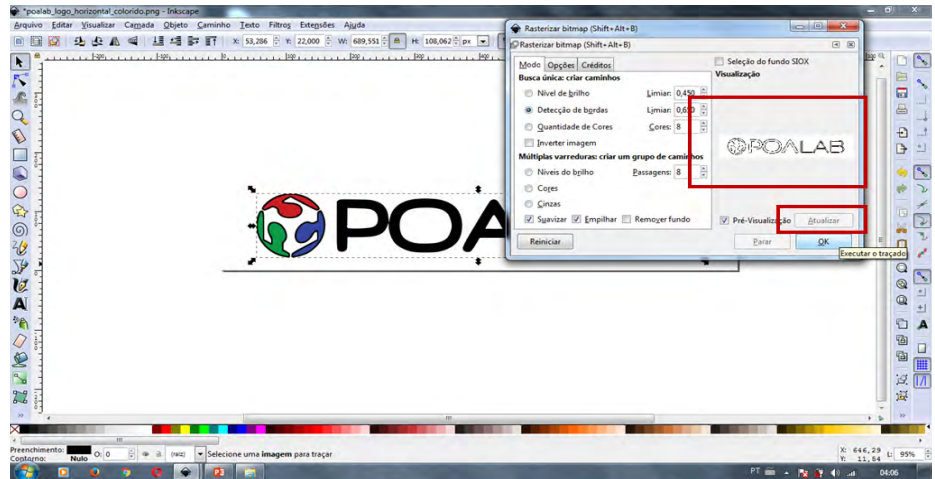
Figura 23 - Inkscape - Como Rasterizar com Detecção de Bordas.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

A Figura 24 ilustra o resultado da rasterização realizada nas etapas anteriores, para tanto é necessário abrir a janela de visualização e clicar em Atualizar. Ao concluir esse processo, clicando no botão “OK”, é possível visualizar o vetor que foi criado usando como base a imagem *bitmap*.

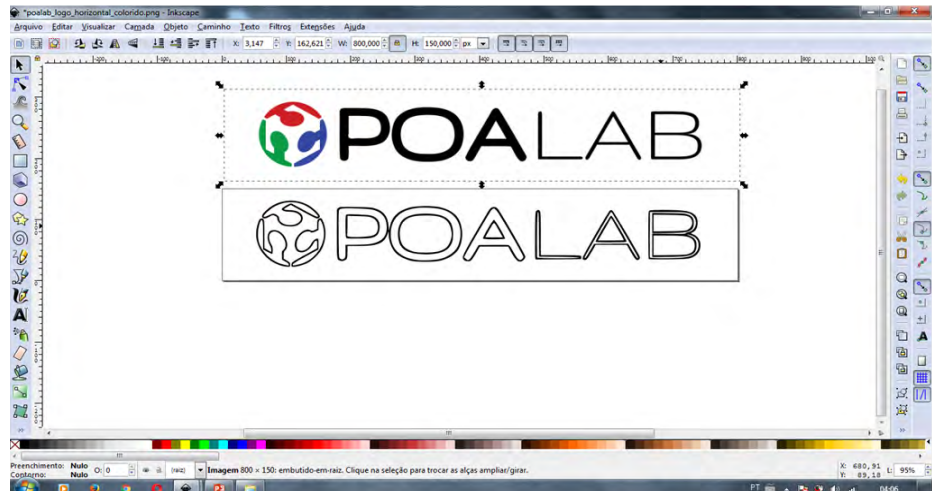
Figura 24 - Inkscape - Configurando a Rasterização.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Com o vetor criado, é possível excluir a imagem *bitmap* da área de trabalho, para tanto, basta selecionar a imagem e clicar no botão "Delete" no teclado (Figura 25).

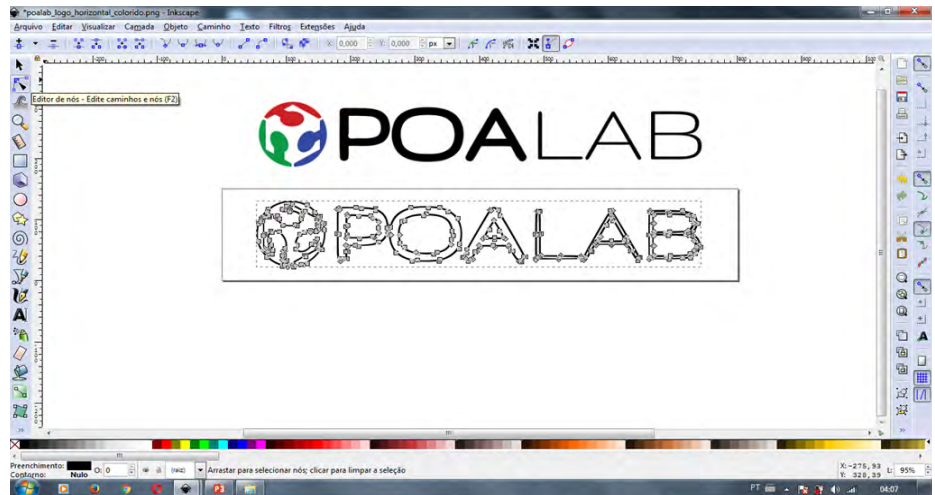
Figura 25 - Inkscape - Resultado da Rasterização.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Para identificar corretamente qual imagem é *bitmap* e qual é a vetorizada, basta clicar nela e selecionar a ferramenta “Editor de nós”, porque se for possível ver os nós e caminhos, a imagem selecionada é a que foi vetorizada (Figura 26).

Figura 26 - Inkscape - Identificando a Imagem Vetorizada.

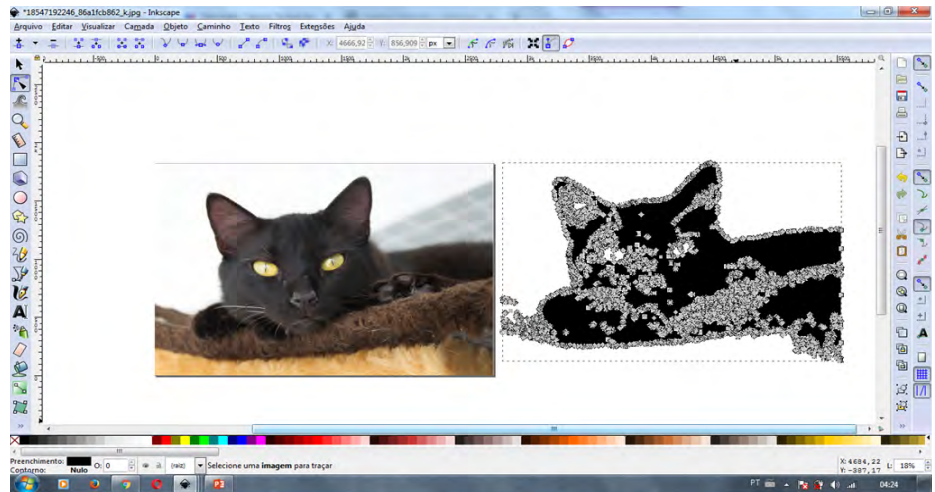


Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

No caso de a imagem ser uma fotografia com várias nuances de cor, é necessário ver o que melhor se adapta ao resultado desejado. Em alguns casos, é mais rápido e simples fazer a rasterização à mão, usando a caneta *bezier* em cima da imagem, ficando somente o contorno, marcando somente as partes internas ou somente as linhas que interessam mais.

Após selecionar a imagem, que neste caso compreende a foto de um gato, e seguir os passos previamente descritos, ao rasterizar a imagem é possível perceber como resultado a imagem da Figura 27.

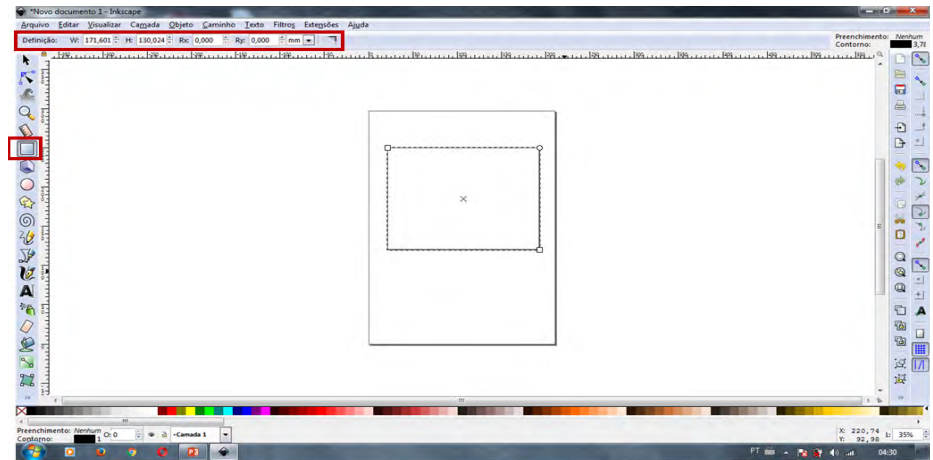
Figura 27 - Inkscape - Rasterizando Imagem com Vários Contornos.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Como é possível perceber, a rasterização de uma foto deixa muitos nós e, conseqüentemente, uma imagem pesada. O ideal sempre é uma imagem com poucos nós e um traçado limpo. No caso da utilização de fotos, sempre que possível, o melhor é fazer a rasterização manualmente, isso é, fazendo um desenho com as ferramentas de desenho de vetor. Para um trabalho como esse, é necessário um pouco de experiência (e paciência) na utilização de *softwares* que trabalham com vetores. Uma foto rasterizada pode ser utilizada com um adorno em um objeto a ser gravado na máquina de corte a laser. Para o corte, é melhor utilizar um vetor produzido pelo próprio usuário ou um vetor que veio pronto de algum repositório (vide Capítulo 7).

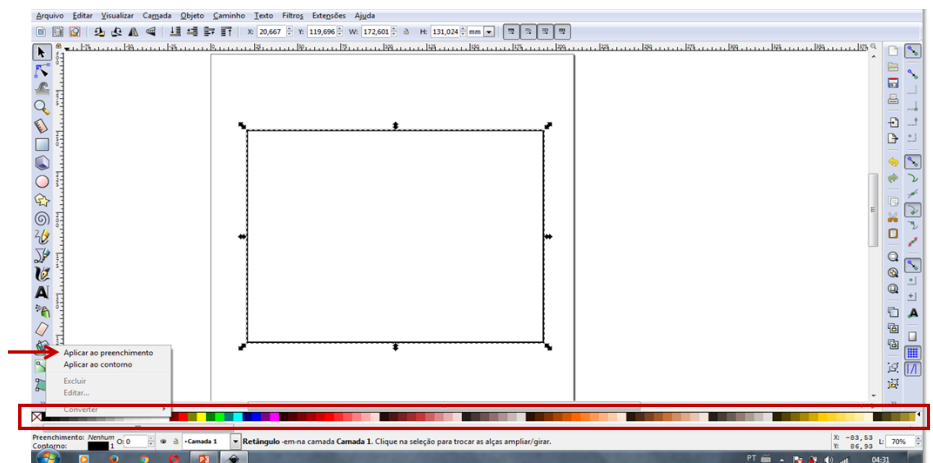
Figura 29 - Inkscape - Editando Formas Geométricas.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Caso a forma esteja com o contorno transparente (não confundir as linhas pontilhadas da seleção com a linha do vetor), basta clicar em alguma cor na faixa de cores, posicionada na parte inferior da janela, e selecionar, aplicando o contorno (ou preenchimento, se for o caso) (Figura 30).

Figura 30 - Inkscape - Selecionando Cores para Formas Geométricas.



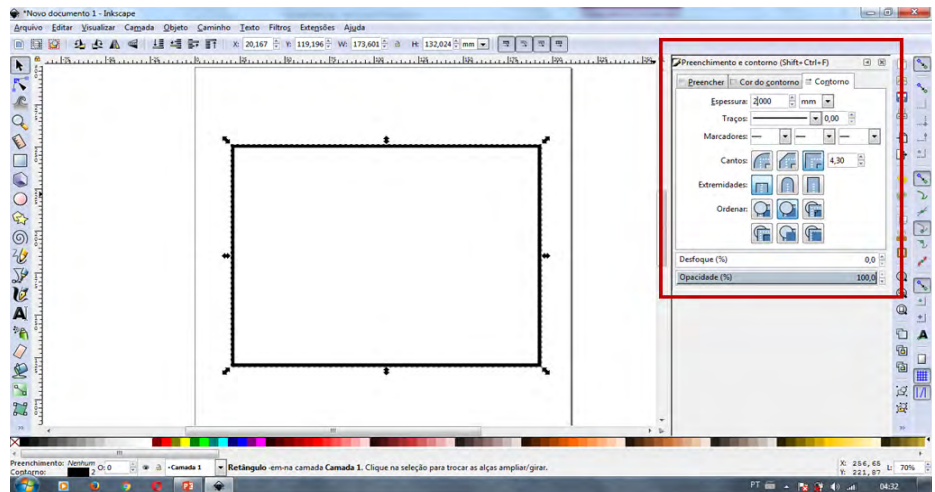
Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

SUMÁRIO

É possível acessar as propriedades da forma, referente a contorno e preenchimento, clicando no menu “Objeto” e depois em “Preenchimento e Contorno”. Essas opções também aparecem quando o botão direito do mouse é clicado em cima da forma.

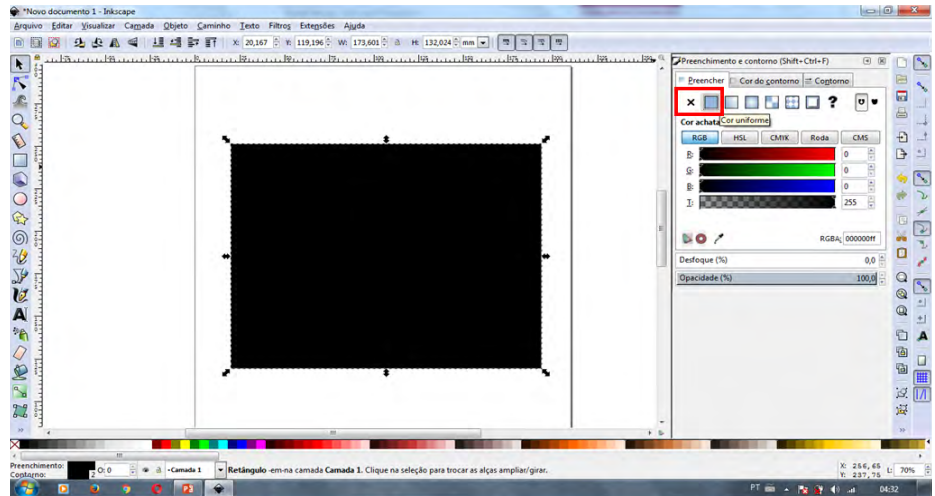
Ao clicar na imagem, abrirá ao lado uma janela de propriedades em que é possível editar e redimensionar o traço, como ilustra a Figura 31. Para adicionar ou remover o preenchimento da forma, basta clicar em uma das opções indicadas (Figura 32).

Figura 31 - Inkscape - Modificando as Propriedades da Forma Geométrica.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

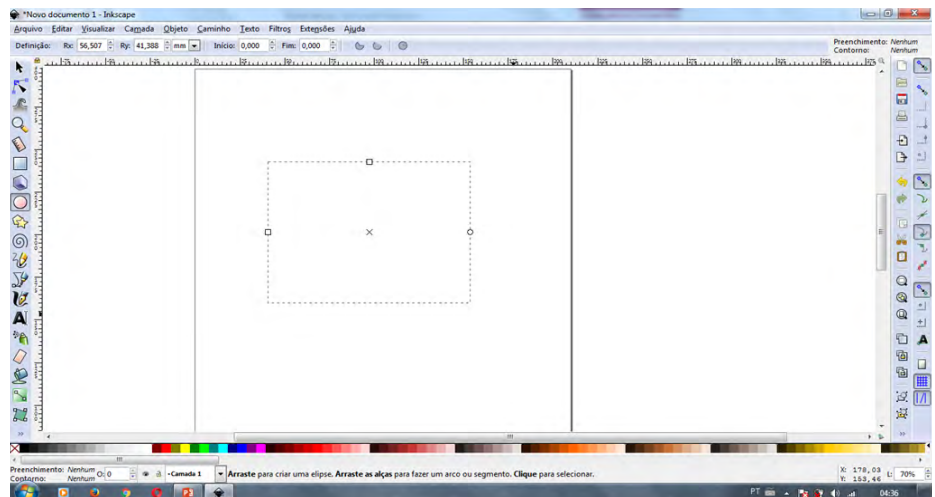
Figura 32 - Inkscape - Modificando a Cor da Forma Geométrica.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Algumas formas podem não aparecer no momento em que são geradas, assim é possível ver somente o contorno total como na imagem abaixo. Quando o programa abre o arquivo, ele está com a configuração ativada para não ter contorno ou estar transparente (Figura 33).

Figura 33 - Inkscape - Modificando a Cor da Forma Geométrica.

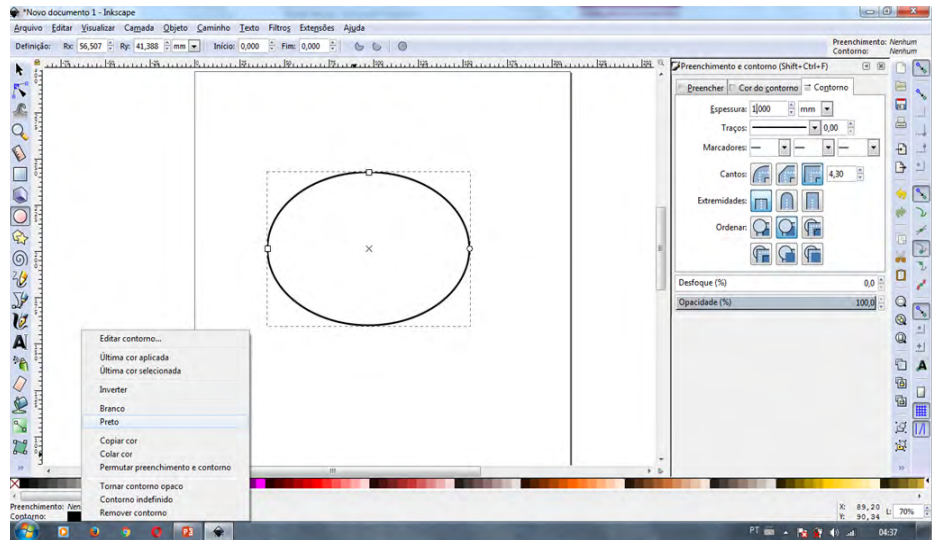


Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

SUMÁRIO

Para resolver o problema previamente descrito, é possível abrir a caixa de propriedades da forma ou clicar com o botão direito nas opções abaixo da barra de cores e clicar em contorno e depois selecionar a cor preta (Figura 34).

Figura 34 Inkscape - Modificando a Cor da Forma Geométrica.



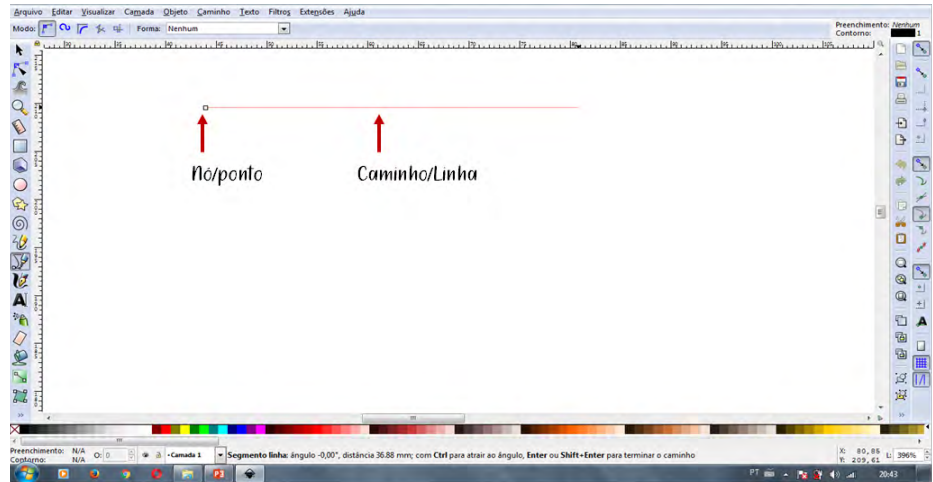
Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

COMO MANIPULAR VETORES?

Para iniciar uma imagem vetorial é possível selecionar a ferramenta “Mão livre” ou a ferramenta “Caneta bezier”. Essa segunda é a mais recomendada, pois com ela é possível obter maior precisão nas formas que serão desenhadas.

Todo o desenho vetorial é constituído de caminho (linha) e nó, ponto onde as linhas se encontram ou mudam de trajeto. A Figura 35 mostra a representação visual do nó e da linha, no contexto do Inkscape.

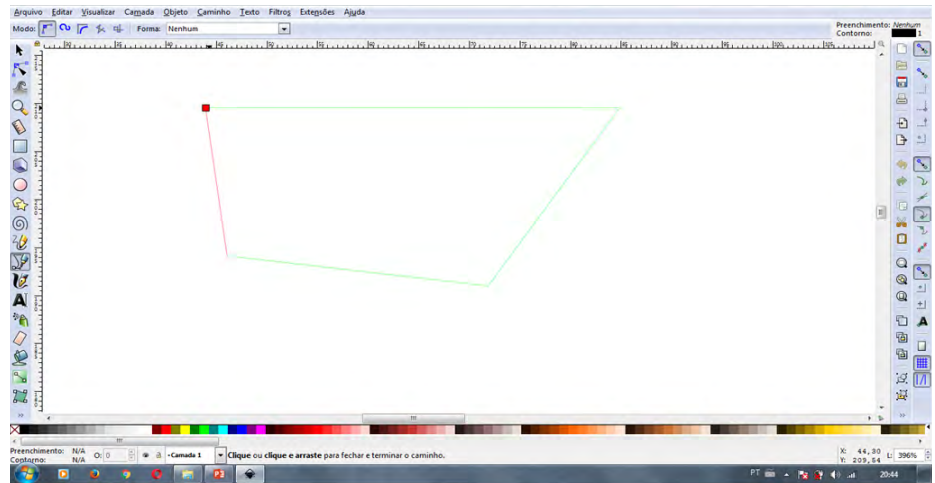
Figura 35 - Inkscape - Nó e Caminho/Linha.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Após selecionar a caneta, é possível dar um clique na área de trabalho e arrastar o mouse. Ao segurar a tecla “Ctrl” do teclado, é possível fazer um risco reto e usar ângulos predefinidos. Quando a linha chegar à posição desejada, basta clicar e assim se formará um segundo nó (Figura 36).

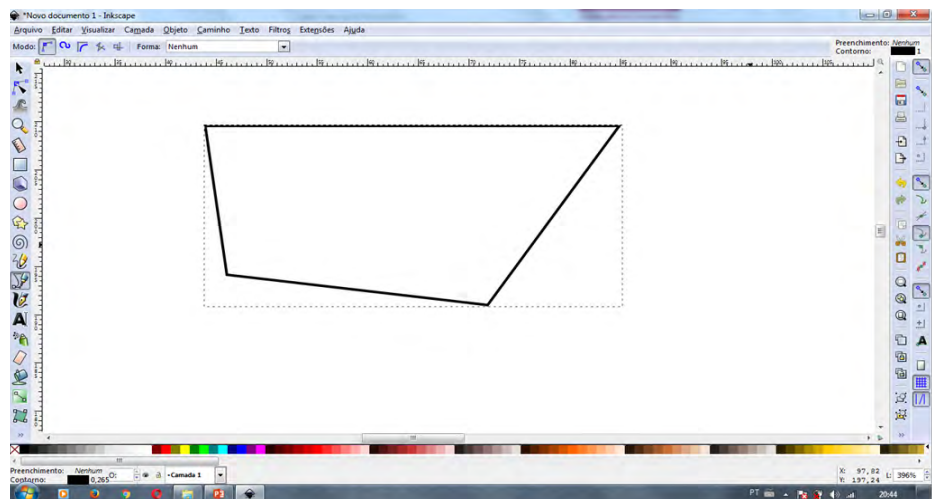
Figura 36 - Inkscape - Desenhando Vetor. (Parte 1)



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Conforme mencionado previamente, todos os desenhos vetoriais, a princípio, são completamente fechados. Então, o desenho só estará completo quando o último caminho encontrar o primeiro nó, como representado na Figura 37.

Figura 37- Inkscape - Desenhando Vetor. (Parte 2)

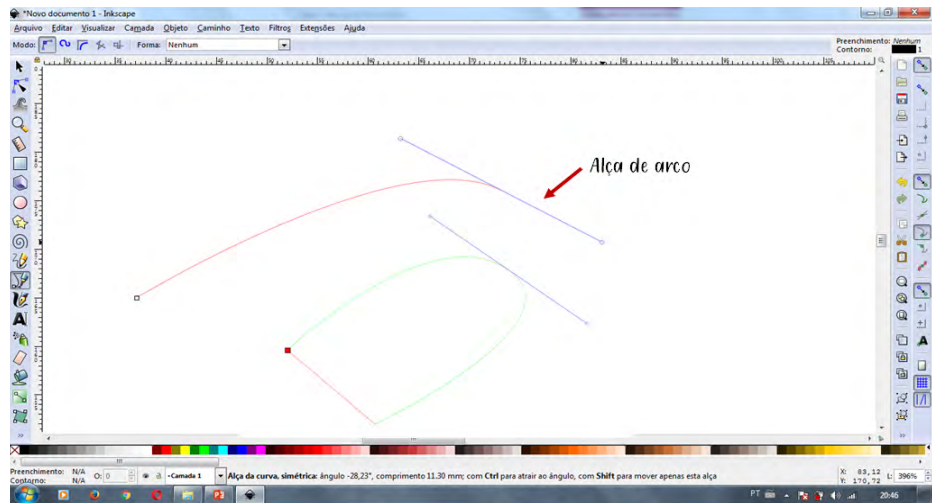


Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Quando a forma estiver completamente fechada é possível visualizar o seu contorno. A espessura e cor do contorno são meramente ilustrativos e podem ser editados em qualquer instante. O que é determinante é o caminho que o vetor percorre. Esses dados serão interpretados por outros programas que lerão esse objeto.

Da mesma forma que uma reta pode ser desenhada, um arco também pode fazer parte de uma imagem. Para fazer um arco é necessário clicar no ponto desejado e mover o mouse, onde aparecerá a alça de arco, então tem-se como resultado um arco e não uma reta (Figura 38).

Figura 38 - Inkscape - Alça de Arco.

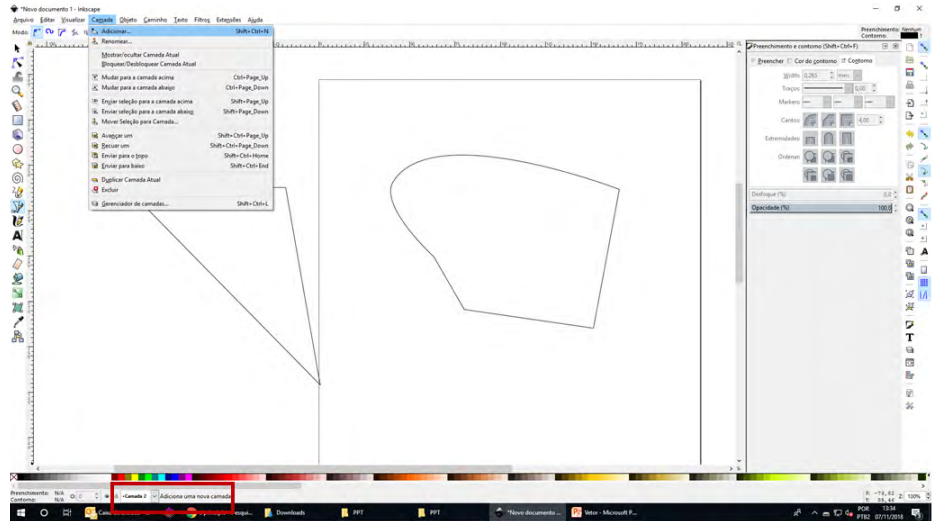


Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Se na área de trabalho existir mais de um objeto e existir alguma sobreposição com outros objetos é necessário adicionar uma nova camada. Para fazer isso, é necessário clicar em “Camada” e depois em “Adicionar”, com isso é possível mudar a camada em que se está trabalhando no menu inferior (marcado em vermelho na Figura 39).

Nota-se que, se um vetor se sobrepõe a outro eles poderão ser agrupados, ou ainda desagrupados.

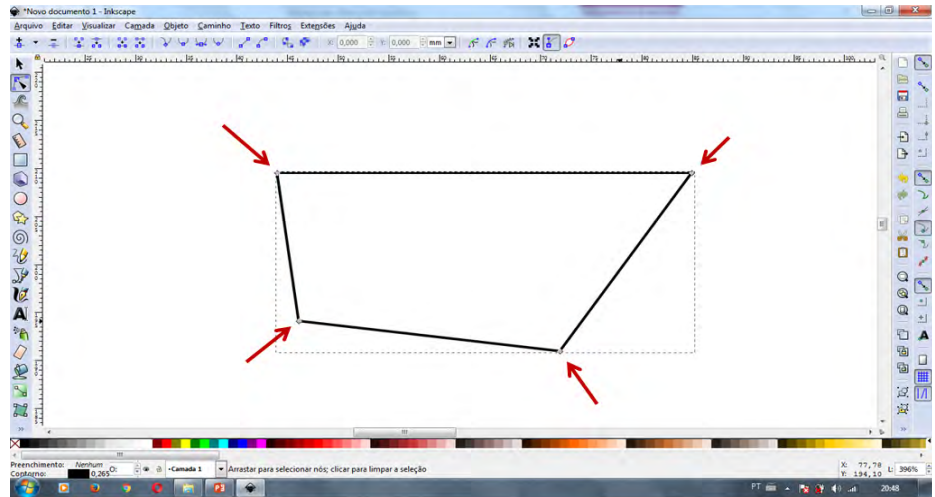
Figura 39 - Inkscape - Vetores e Camadas.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Após concluir o desenho da imagem, seja ela desenhada a mão livre, caneta bezier ou com uma forma básica, é possível editar a forma usando o editor e os nós. É importante observar que, no desenho vetorial, cada mudança no caminho gera um nó, como ilustra a Figura 40.

Figura 40 - Inkscape - Nós no Vetor.

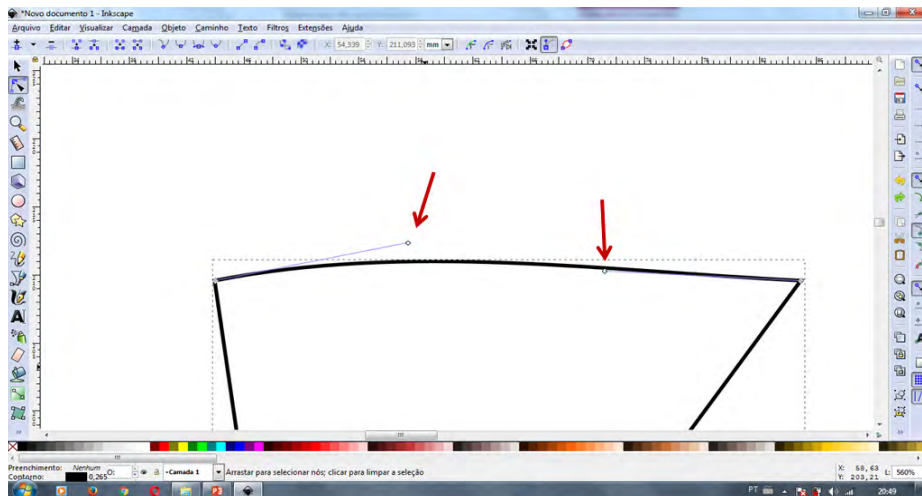


Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Em uma forma com quatro retas, cada encontro de retas gera um nó. Para visualizar os nós, é necessário selecionar o objeto e usar a ferramenta “Editor de nós”. Observa-se que, ao clicar duas vezes na linha é gerado um novo nó, mas selecionando e clicando em “Delete” no teclado, o nó é deletado.

Adicionando-se à imagem um novo nó, é possível arrastá-lo para onde se deseja, sendo que a linha acompanhará e os outros nós não selecionados continuarão fixos na imagem. Se o nó for deslocado para cima, por exemplo, e depois deletado, será criado um arco, e nos nós que estavam fixos, aparecem alças para a edição do arco. (Figura 41).

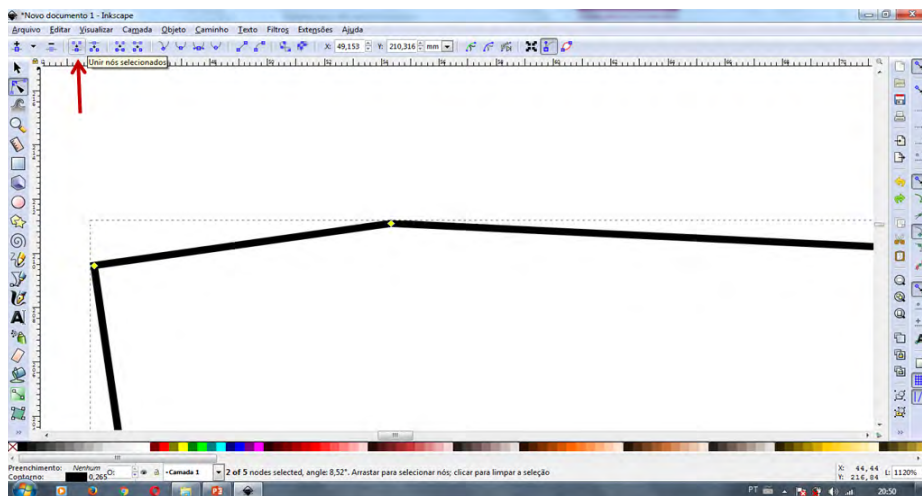
Figura 41 - Inkscape - Unindo Nós no Vetor.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Ao selecionar dois nós e clicar na opção “Unir nós selecionados” será criado um novo nó na metade do caminho entre os dois. Observa-se que os nós ficam na cor amarela quando estão selecionados (Figura 42).

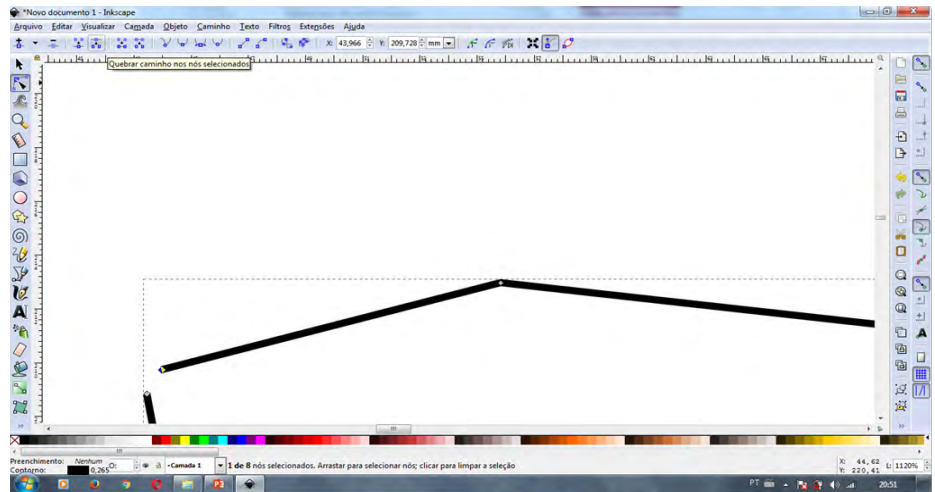
Figura 42 - Inkscape - Caminho entre Nós no Vetor.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Outra possibilidade de ação compreende selecionar um nó e clicar em “Quebrar caminho nos nós selecionados”. Com isso, onde antes havia apenas um nó, agora existirão dois, então eles poderão ser separados (Figura 43).

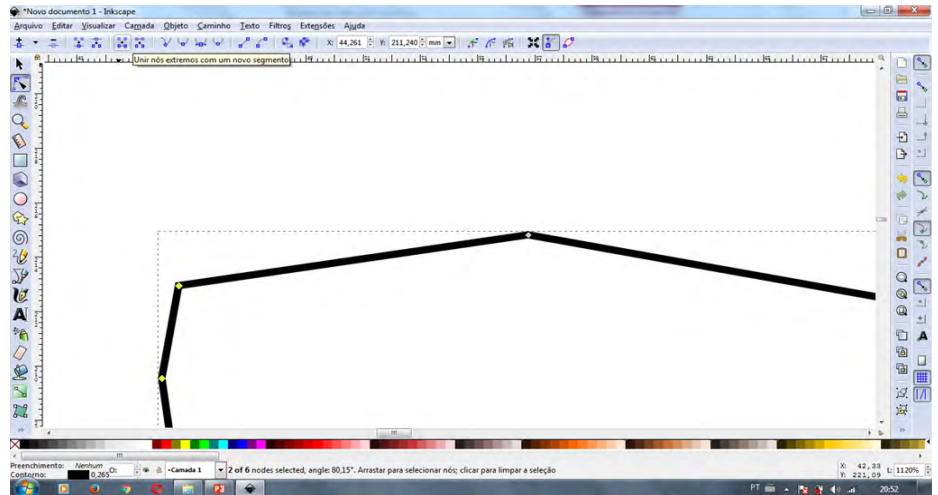
Figura 43 - Inkscape - Quebrando um caminho no Vetor.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Para unir nós que estão separados (Figura 43) basta seleccioná-los e clicar em “Unir nós externos com um novo segmento” (Figura 44), então, surge um novo caminho entre esses dois nós.

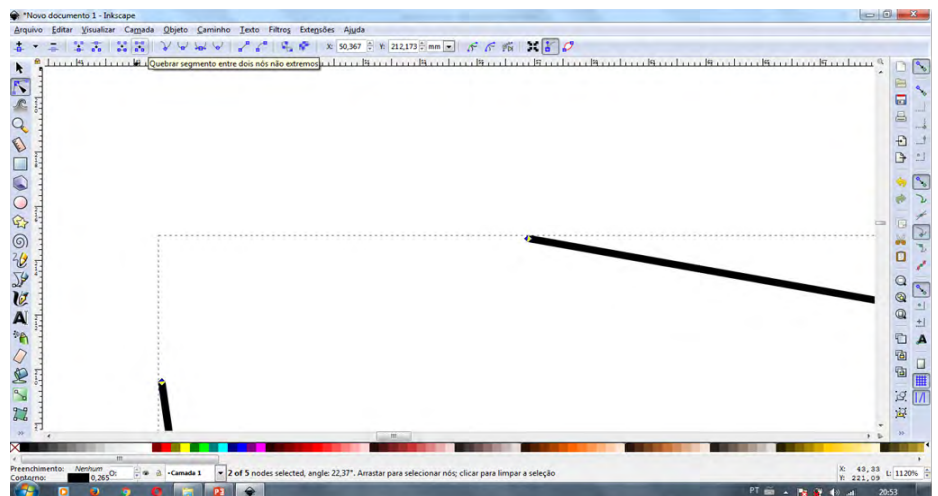
Figura 44 - Inkscape - Unindo Nós com Segmentos no Vetor.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Para apagar uma linha vetorial, deve-se clicar em “Quebrar segmento entre dois nós não extremos”; isso abre um espaço entre os dois nós e, conseqüentemente, apaga a linha desenhada (Figura 45).

Figura 45 - Inkscape - Quebrando Segmentos no Vetor.

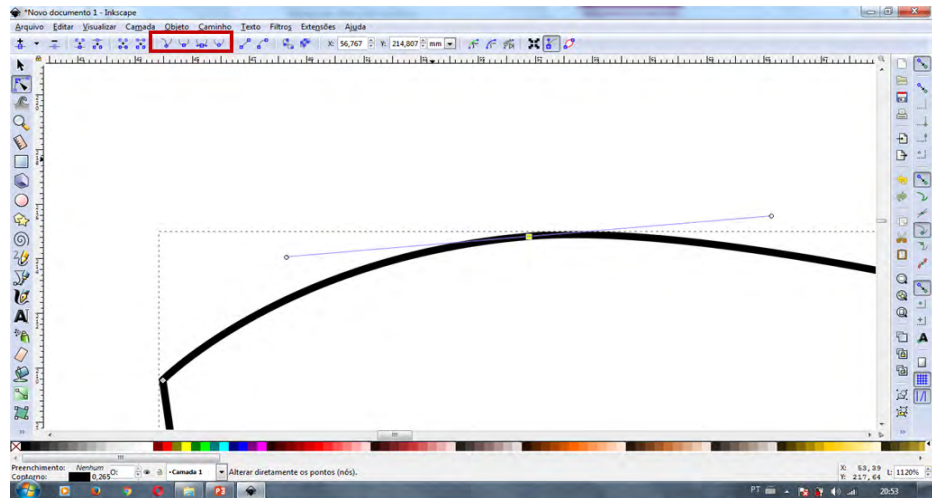


Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

SUMÁRIO

Para transformar retas em arcos é necessário selecionar um nó e clicar em uma das opções destacadas na parte superior da Figura 46. Com isso, aparecem alças de edição de arco e, então, é possível editar as curvas movendo as extremidades dessas alças.

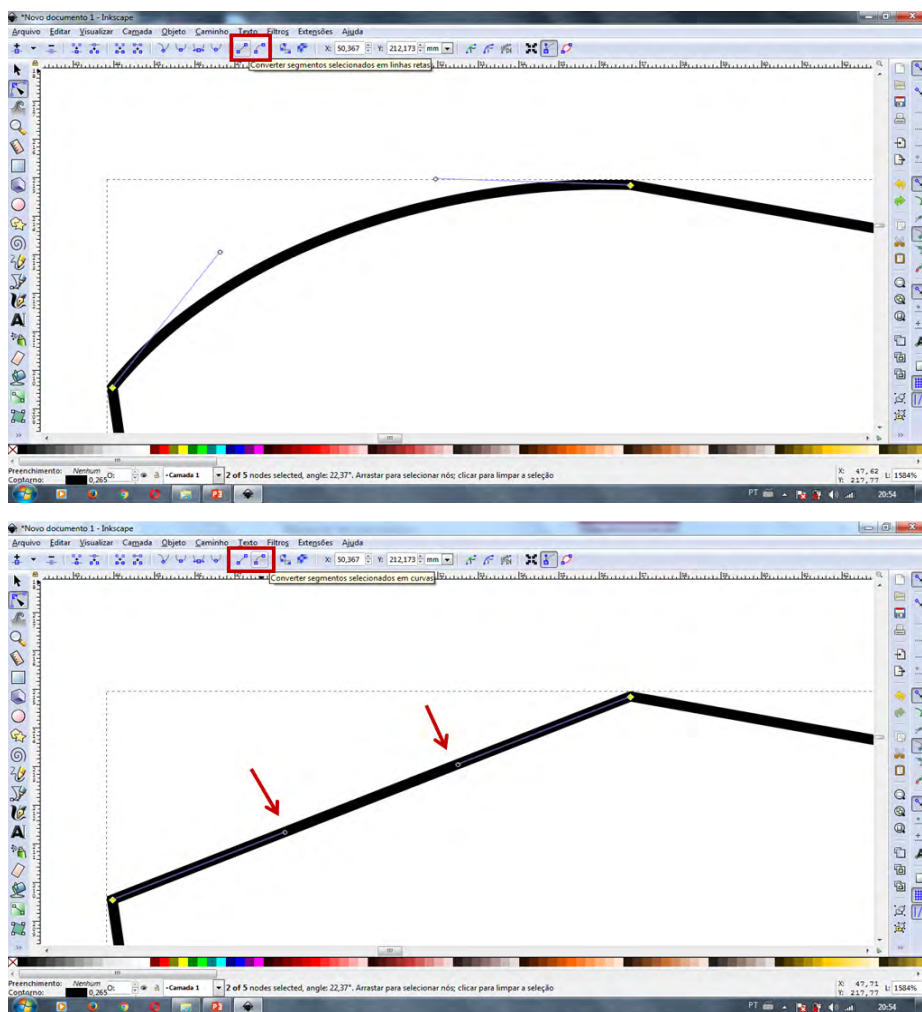
Figura 46 - Inkscape - Criando Arcos no Vetor.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Observa-se que a primeira opção destacada na Figura 47 tem a função de transformar o caminho entre dois nós selecionados em um arco.

Figura 47 - Inkscape - Transformando Arcos em Linha Reta no Vetor



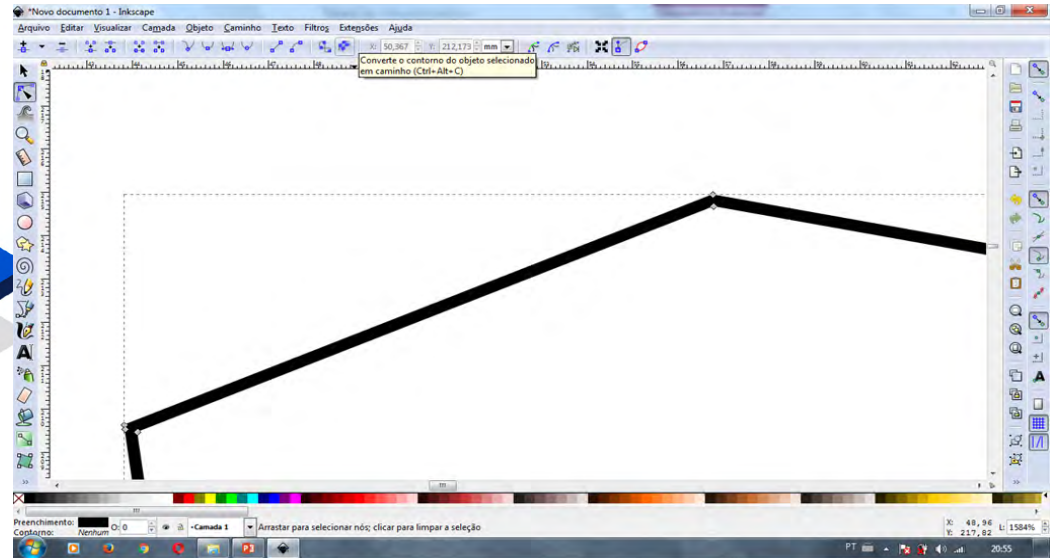
Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

A segunda opção destacada tem a finalidade de transformar um arco entre dois nós em uma linha reta. Para isso, é necessário sele-

SUMÁRIO

cionar dois nós e clicar na opção “Converter segmentos seleccionados em curvas”, com isso aparecem as alças de edição de arcos junto ao caminho (Figura 48).

Figura 48 - Inkscape - Transformando Arcos em Linha Reta no Vektor.



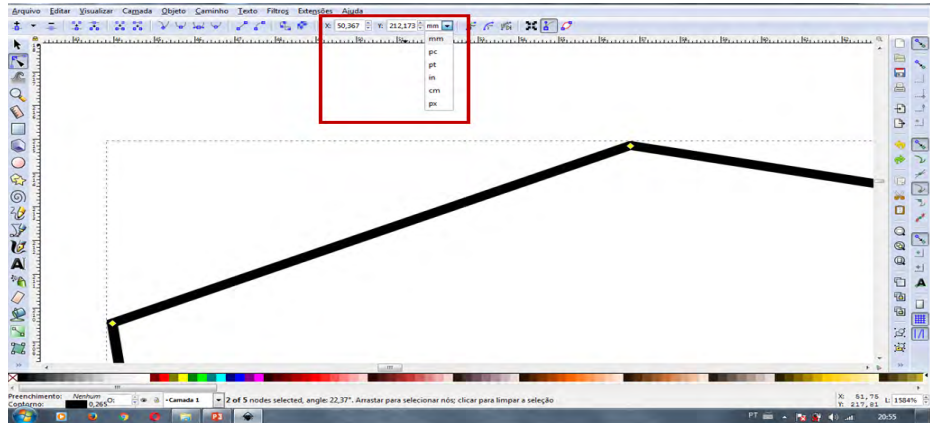
Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Essa é a única situação que leva em consideração a espessura do vetor, pois ela converte o contorno do objeto selecionado em caminho, cria um vetor “duplo” levando em consideração a espessura do caminho. No vetor normal, independente da espessura, o caminho é apenas uma linha “central”.

É possível editar de forma precisa a distância entre dois nós e escolher a unidade de medida que será utilizada, como ilustrado na Figura 49.

SUMÁRIO

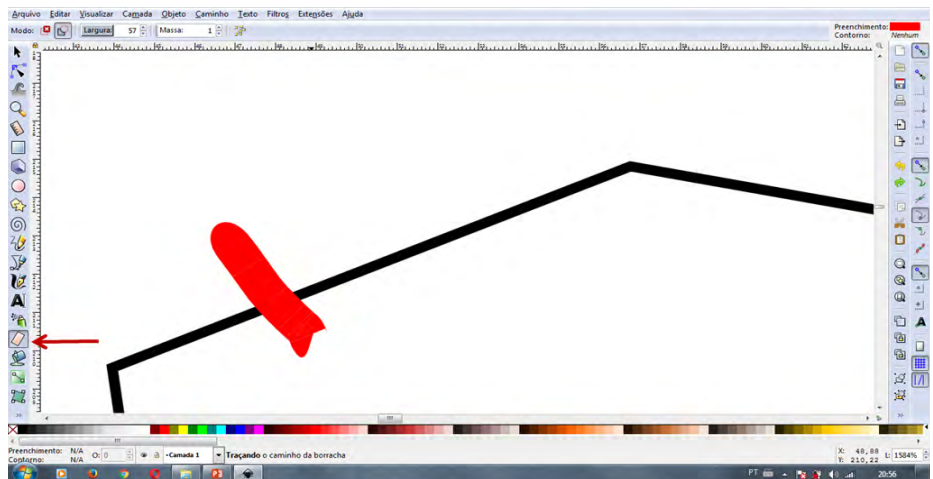
Figura 49 - Inkscape - Definindo a Distância entre dois Nós.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

O Inkscape tem a ferramenta “Borracha”, porém a mesma não deve ser utilizada para a edição de vetores, pois quando ela é usada tem-se a falsa sensação de que o caminho foi apagado (Figura 50).

Figura 50 - Inkscape - Usando a Ferramenta Borracha no Vektor. (Parte 1)

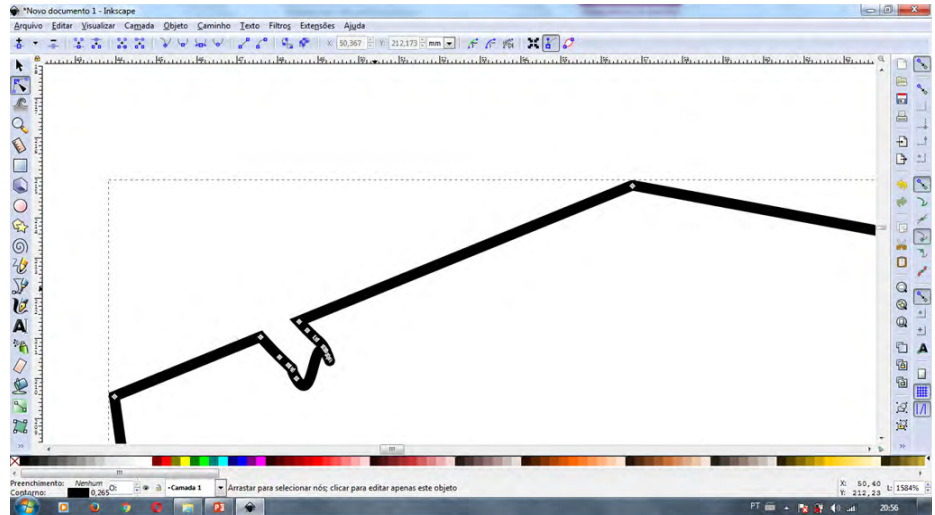


Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

SUMÁRIO

Ao olhar em detalhes os nós resultantes, pode-se perceber que eles ficam como na Figura 51: eles não foram apagados, somente empurrados e “embrulhados”.

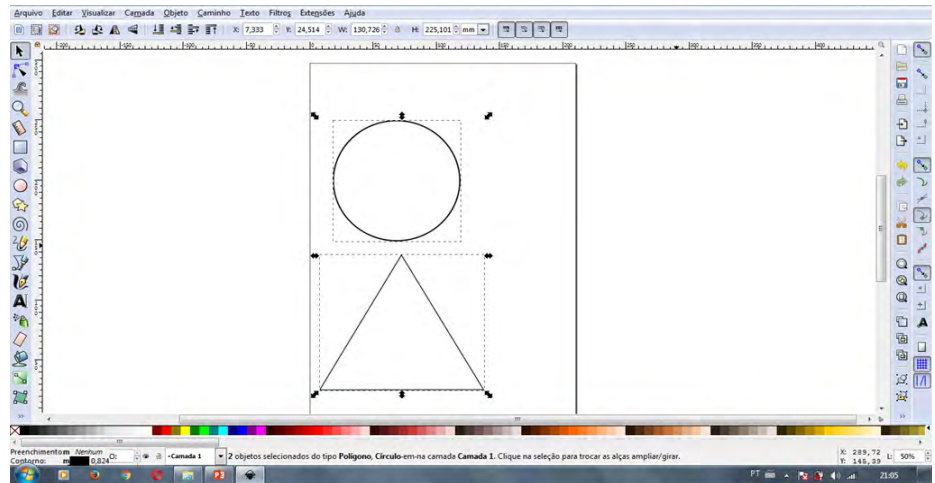
Figura 51 - Inkscape - Usando a Ferramenta Borracha no Vektor. (Parte 2)



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

No Inkscape, é possível trabalhar com múltiplas imagens (Figura 52), para isso é necessário selecionar dois objetos separados, clicar segurando a tecla “Shift” e arrastar a seleção sobre as duas figuras que se deseja unir.

Figura 52 - Inkscape - Unindo imagens.

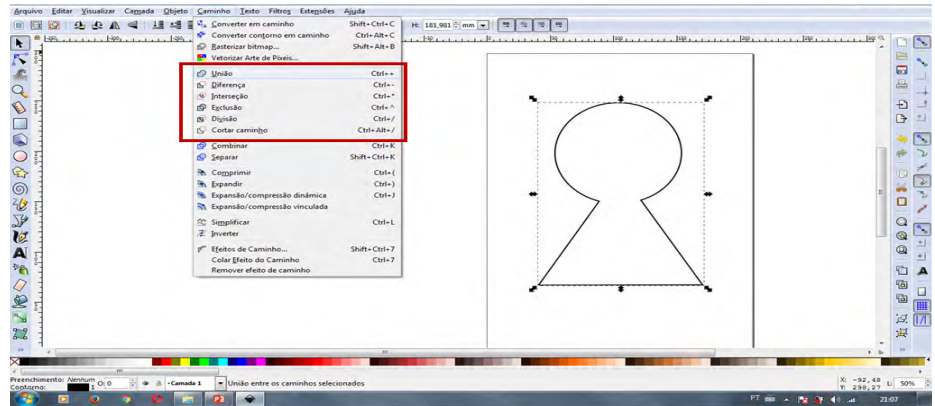


Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Para agrupar dois objetos é necessário clicar em “Objeto > Agrupar”. Assim os dois objetos passarão a ser somente um. Para “desagrupar”, é preciso clicar em “Objeto -> Desagrupar”, assim tem-se dois objetos separados novamente

Para transformar dois objetos em apenas um sobreposto, é possível usar diferentes formas de mesclagem (Figura 53).

Figura 53 - Inkscape - Usando a Booleana.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Colocando um objeto sobreposto ao outro, é possível construir/gerar várias formas de mesclagem. Para isso é necessário clicar no menu “Caminho” e selecionar uma opção do destaque na Figura 53, conforme necessário.

COMO SALVAR AS IMAGENS?

Para salvar um vetor no Inkscape é necessário clicar no menu “Arquivo” e depois em “Salvar como...”.

Após, selecionar a pasta onde deseja salvar o arquivo e escolher a extensão .SVG (extensão padrão do Inkscape) ou o formato mais adequado aceito pelo equipamento de fabricação que será utilizado.

6

Rosana Nitsch Pinheiro

Fabio Y. Okuyama

Silvia de Castro Bertagnolli

André Peres

MODELAGEM 3D COM *TINKERCAD*

Outros tipos de arquivos usados na fabricação digital são os de imagem tridimensional, também chamados de imagens 3D, usados em máquinas de impressão 3D ou outros tipos de CNC como fresadoras e *routers*. No contexto deste livro foi selecionada a ferramenta Tinkercad para a modelagem desse tipo de arquivo, visto que disponibiliza diversos objetos prontos e, também, possibilita a modelagem de novos objetos.

O QUE EU PRECISO SABER PARA USAR O TINKERCAD?

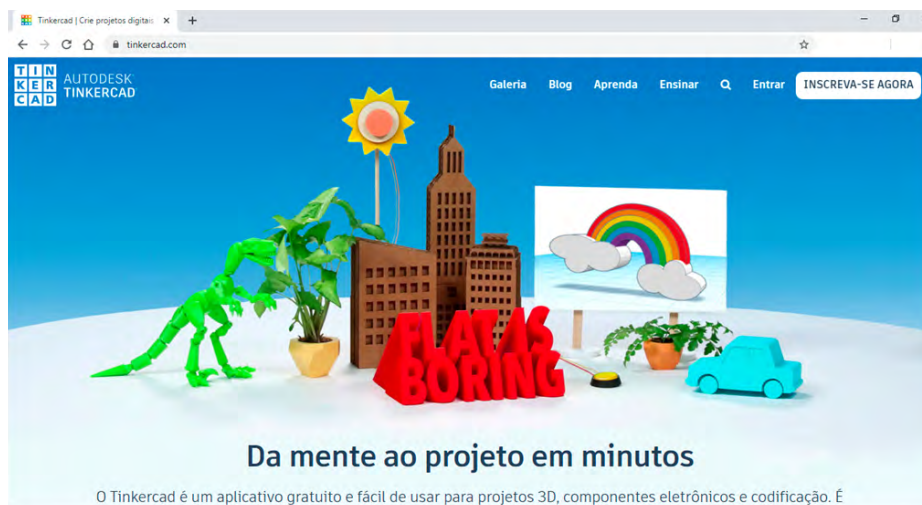
O Tinkercad²⁹ é uma ferramenta online e gratuita, que pode ser acessada a partir de um navegador web, que permite a criação e o projeto de modelos 3D. Com ela, é possível reutilizar ou criar objetos digitais em 3 Dimensões, pois disponibiliza um repositório de objetos prontos, que podem ser usados ou remixados, gerando novos objetos. Assim, pessoas que não possuem muito conhecimento sobre modelagem 3D conseguem criar novos objetos de forma simples e rápida. No Tinkercad são usadas formas geométricas simples como base para gerar novas formas mais complexas.

Para usar o Tinkercad é necessário clicar no link “Inscreva-se agora” no canto superior direito (Figura 54), realizando o registro do seu usuário na ferramenta. Após criar uma conta, é possível usar diversos recursos disponibilizados por ela.

SUMÁRIO

²⁹ Disponível em: <https://www.tinkercad.com>.

Figura 54 - Tinkercad - Tela de Acesso à Ferramenta.

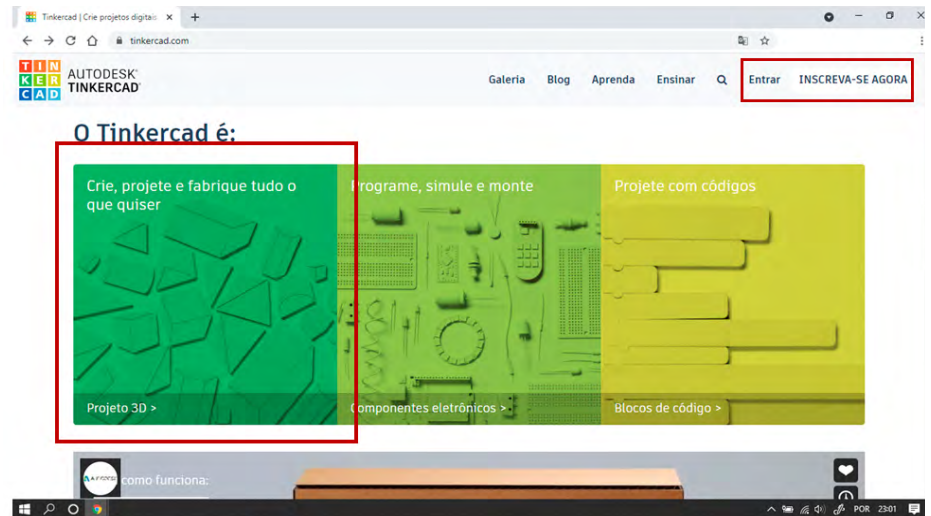


Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Dentro do Tinkercad existem vários guias, ajudando a utilizar as inúmeras funções dessa ferramenta, as quais podem ser acessadas a qualquer momento. Ao rolar a página até a opção: "O Tinkercad é:" (Figura 55) e clicar na opção Projeto 3D, o usuário é direcionado a uma página com dicas e projetos de modelagem 3D.

SUMÁRIO

Figura 55 - Tinkercad - Projeto 3D.

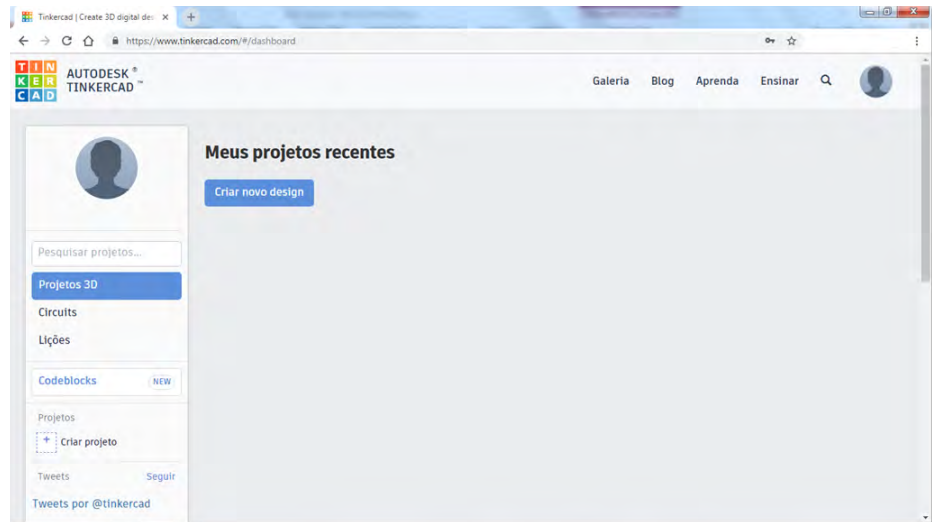


Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Na página inicial, é possível ter acesso aos projetos que já foram desenvolvidos por um usuário, ou ainda criar um novo projeto clicando em “Criar novo design” (Figura 56), que direciona o usuário para a página onde já é possível criar objetos ou reutilizar os existentes.

SUMÁRIO

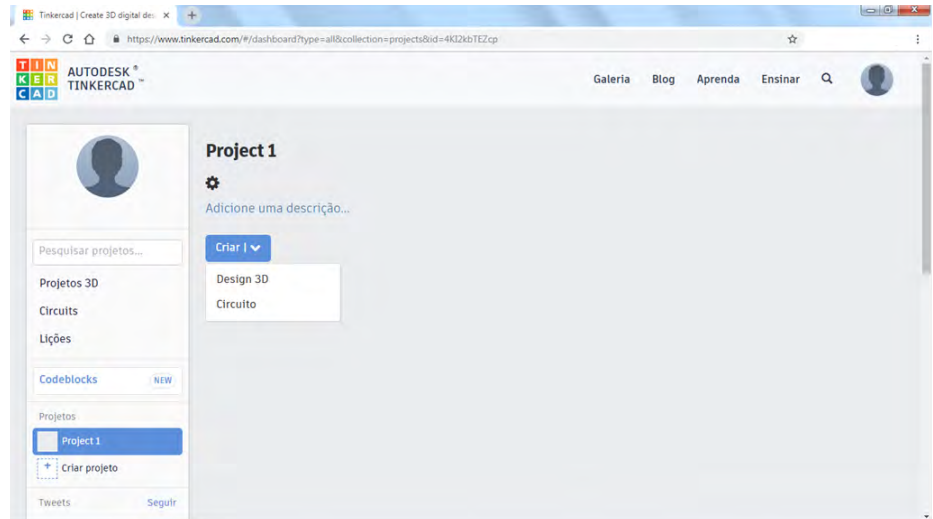
Figura 56 - Tinkercad - Visualizando Projetos.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Ao clicar em “Criar Projeto” ele cria um novo projeto, que pode ser de dois tipos, Design 3D ou Circuito. No contexto deste livro somente projetos do primeiro tipo serão criados, visto que o foco aqui é fazer modelagens tridimensionais (Figura 57). Ao criar um é possível associar a ele um nome e uma descrição, isso ajuda a manter os projetos organizados, uma vez que ele gerencia todos os projetos que são criados na conta do usuário.

Figura 57 - Tinkercad - Definindo o Tipo do Projeto.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

INTRODUÇÃO AO LAYOUT DO TINKERCAD

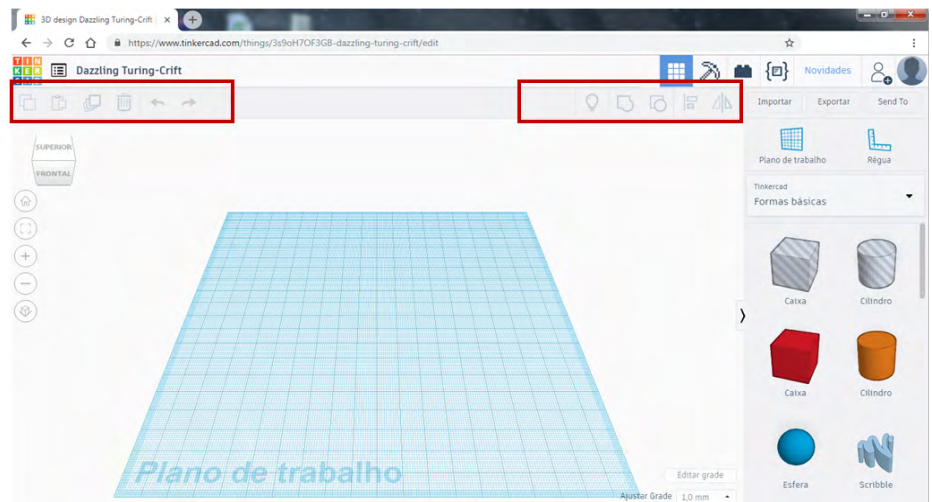
A tela de criação do Tinkercad está organizada em várias partes, como ilustram as figuras de 58 a 62. De modo a facilitar a compreensão dessas telas, cada uma delas será detalhada nos próximos parágrafos.

A primeira parte é representada pelo canto superior esquerdo em que é possível encontrar o nome do projeto ou arquivo que está sendo criado pelo usuário. Ele pode ser alterado a qualquer instante, para tanto, basta clicar sobre o nome. Não há uma padronização de nomes para os projetos, mas o ideal é que você identifique, usando o nome e/ou o conteúdo do projeto em si.

SUMÁRIO

Abaixo da barra onde está presente o nome do projeto, têm-se os itens que permitem excluir e duplicar o projeto, assim como as ações de: copiar, colar, duplicar, excluir, voltar, avançar, agrupar, desagrupar, entre outras. O agrupamento (Figura 58 - à direita) possibilita manipular os objetos que estão na área de trabalho, permitindo que eles possam ser alinhados, agrupados, desagrupados ou espelhados.

Figura 58 - Tinkercad - Tela do Projeto - Barra de Ações.



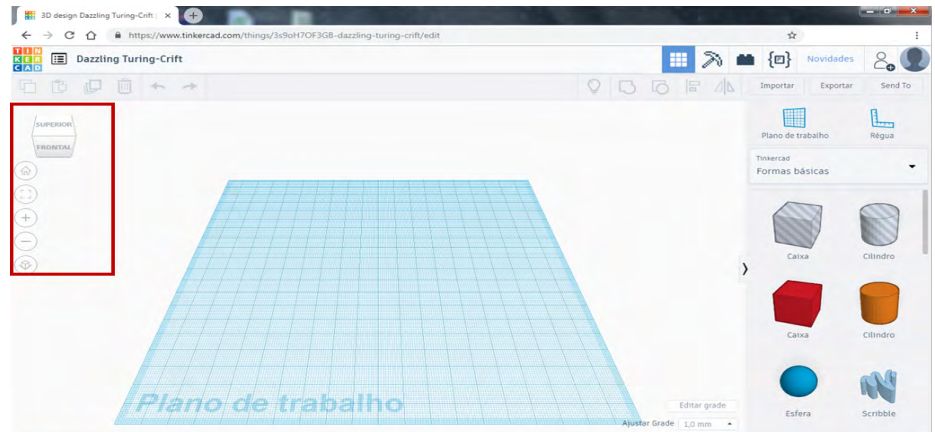
Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

A definição do plano de trabalho possibilita usar o zoom, mudar o ponto de vista da visualização, assim como deixar o plano de trabalho com uma vista em perspectiva. Em destaque, na Figura 59, à esquerda, tem-se os manipuladores do plano de trabalho. Clicando com o botão direito do mouse na caixa de posicionamento, é possível mudar as vistas do plano de trabalho, que se encontra no centro da tela, assim, pode-se visualizar a modelagem a partir de vários ângulos.

Os botões também ajudam a manipular o plano de trabalho. O primeiro encaixa o plano de trabalho na tela de visualização, o segundo aproxima do objeto que está selecionado, o terceiro aumenta o zoom,

o quarto reduz o zoom, o quinto muda a visualização 3D para uma visualização 2D, se clicado novamente, volta à anterior.

Figura 59 - Tinkercad - Manipuladores Plano de Trabalho.



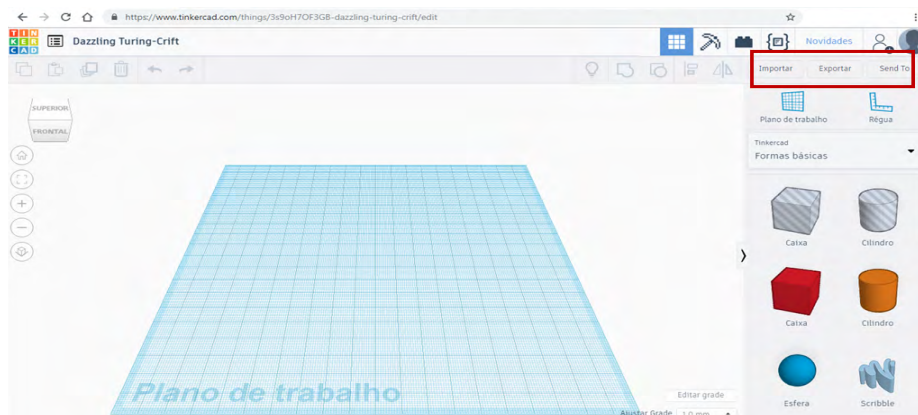
Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Destaca-se que é possível realizar alguns comandos usando o mouse. A tecla de rolagem do mouse aumenta e diminui o Zoom, a tecla direita do mouse gira o plano de trabalho, a tecla esquerda seleciona os objetos que estão no plano de trabalho.

O menu superior à direita (Figura 60) compreende a ações sobre a ferramenta em si, com esses itens é possível importar objetos 3D ou 2D nas extensões .STL, .OBJ e .SVG com até 25 MB, No menu exportar, pode-se exportar arquivos 2D no formato .SVG, e arquivos 3D .OBJ e .STL.

SUMÁRIO

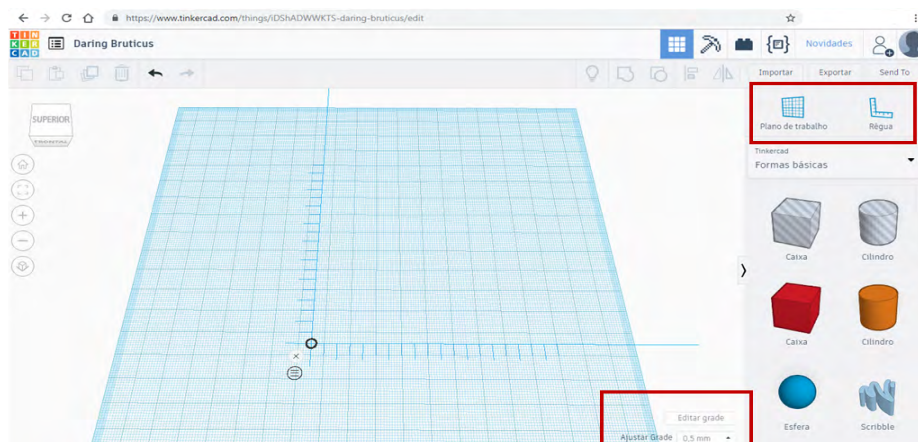
Figura 60 - Tinkercad - Ações de Importar, Exportar e Enviar.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

No menu ilustrado pela Figura 61 tem-se a opção “plano de trabalho” e “Régua”, em que a “Régua” se refere a uma régua que pode ser incluída no plano de trabalho, para que as formas colocadas sobre ela possam ser medidas.

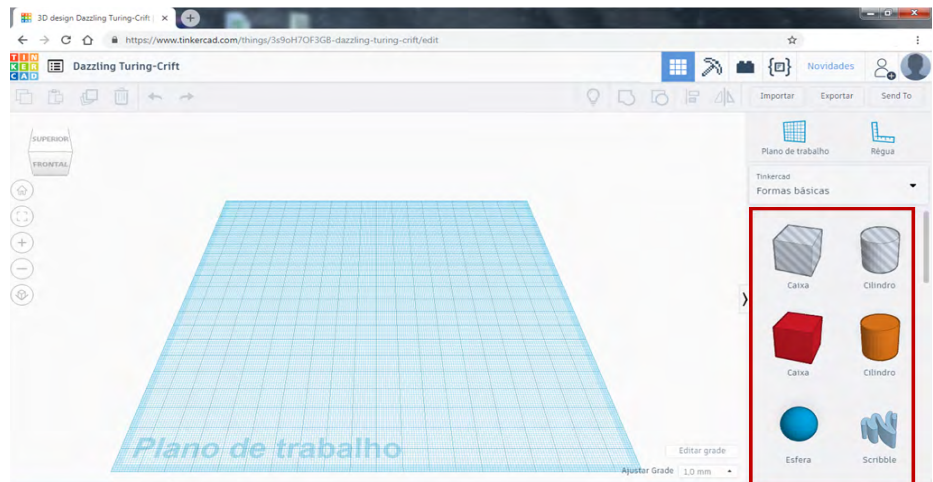
Figura 61 - Tinkercad - Régua e Plano de Trabalho.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

A cada face das formas pode ser adicionado um novo plano de trabalho e sobre ele uma régua. As configurações da régua estão destacadas na parte inferior da Figura 61. No menu à direita esquematizado pela Figura 62 tem-se as formas básicas 3D, que podem ser modificadas ou reutilizadas nos projetos criados pelo usuário.

Figura 62 - Tinkercad - Formas Básicas.



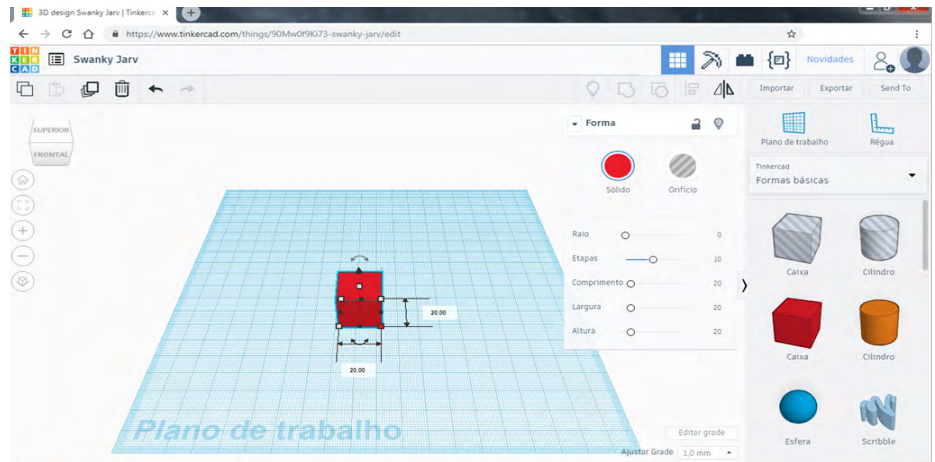
Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

MANIPULANDO FORMAS

Para adicionar uma forma básica no plano de trabalho, basta selecioná-la no menu do lado direito (Formas Básicas) e arrastá-la até o plano de trabalho (Figura 63). A ferramenta oferece várias opções de formas básicas, geralmente em uma modelagem inorgânica³⁰ é comum começar com um cubo.

³⁰ Dentro da modelagem digital 3D temos dois tipos de modelagem: a modelagem orgânica e a inorgânica. A modelagem inorgânica é a modelagem que precisa de um rigor técnico, como peças que serão montadas ou objetos inanimados. A modelagem orgânica é a modelagem de seres vivos como pessoas e animais, seres fantásticos ou ainda uma peça em que se preza mais a parte artística do que a técnica.

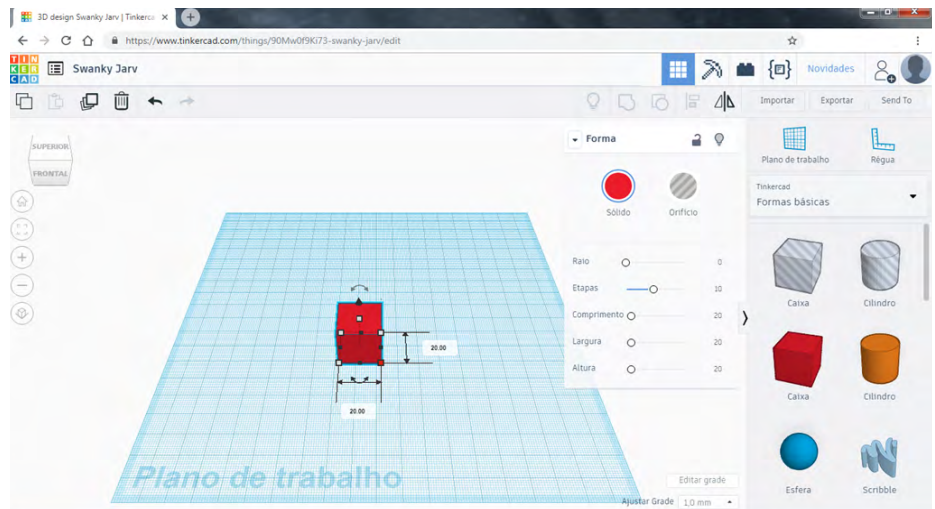
Figura 63 - Tinkercad - Inserindo Formas no Plano de Trabalho.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Por definição, o cubo básico possui 20mmx20mmx20mm, esse valor pode ser modificado clicando nas opções Comprimento, Largura e Altura das opções da forma, como ilustra a Figura 64.

Figura 64 - Tinkercad - Modificando as Dimensões de uma Forma.

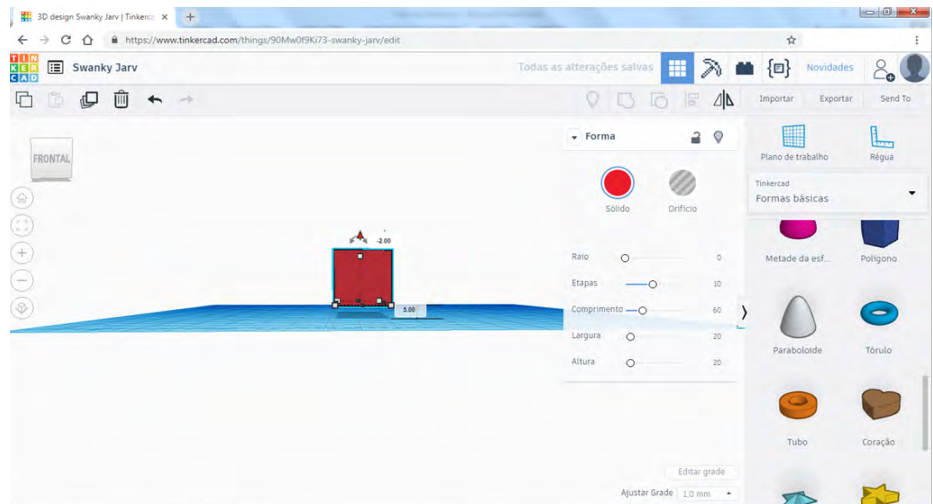


Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

SUMÁRIO

Outros modos de modificar o tamanho de uma forma são (Figura 65): clicando e arrastando um dos pontos brancos (que fica vermelho quando selecionado) que aparece nas laterais da forma selecionada, ou ainda clicando dentro do espaço com o valor e digitando o novo valor desejado. Destaca-se que essa configuração das dimensões é usada sempre do mesmo modo, independentemente da forma selecionada. Ao clicar no manipulador em formato de seta (ferramenta que surge dentro da forma quando a selecionamos), pode-se arrastar a forma pelo plano de trabalho livremente, em qualquer direção.

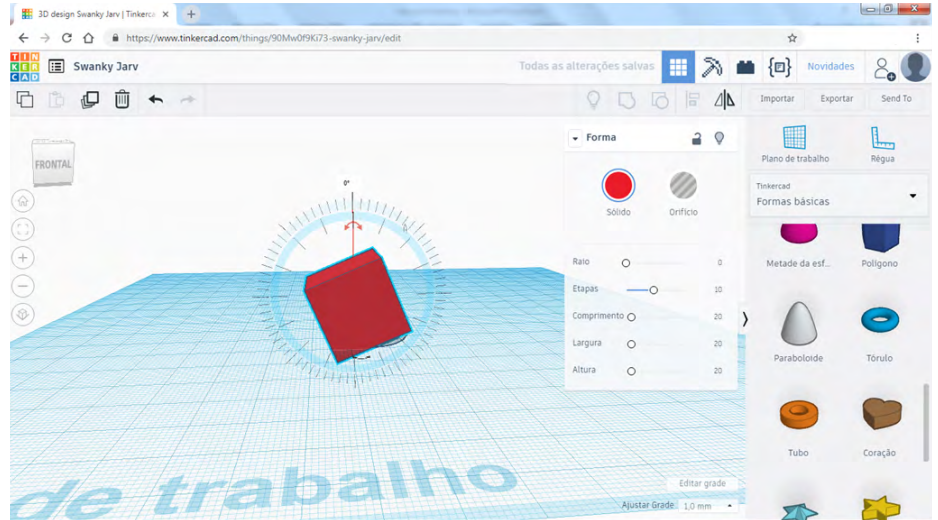
Figura 65 - Tinkercad - Modificando a Visualização da Forma.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Clicando nas setas curvas, é possível girar a forma no plano de trabalho (Figura 66). Observa-se que a aparência e a função desses manipuladores são semelhantes em diversos programas 3D.

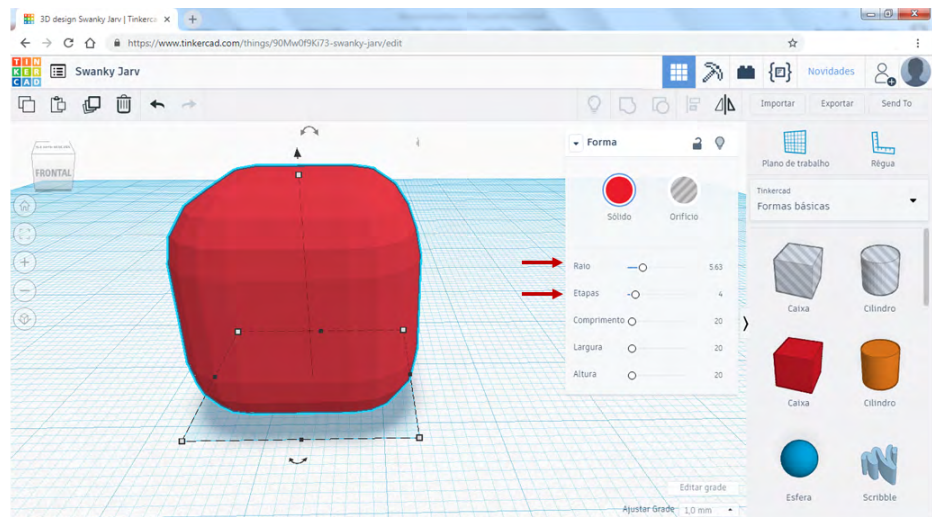
Figura 66 - Tinkercad - Girando a Forma.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Na caixa de opções da forma, a opção “Raio” permite que a forma fique mais arredondada (suavizando as suas arestas), e na opção “Etapas”, é possível escolher o quanto essas arestas ficarão arredondadas (Figura 67).

Figura 67 - Tinkercad - Modificando as Arestas da Forma.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

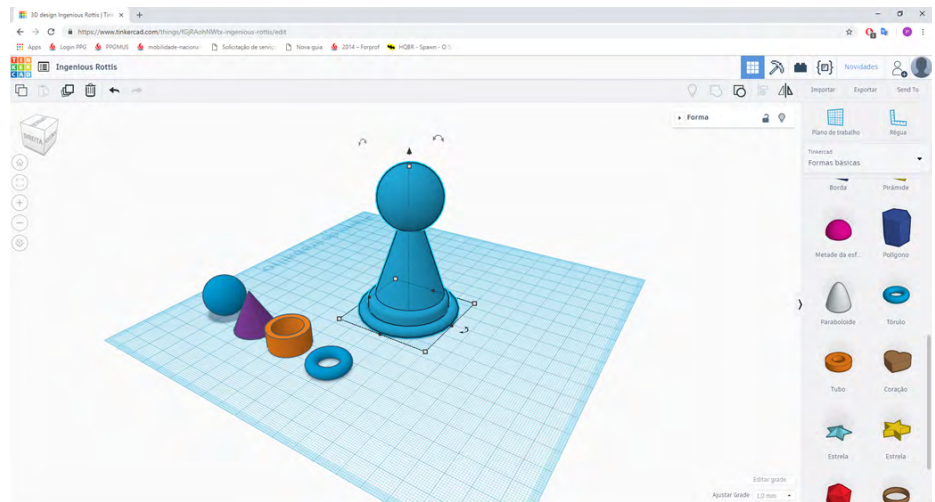
SUMÁRIO

No plano de trabalho, é possível seleccionar uma forma e clicar nos itens “copiar”, “duplicar” ou “colar” no menu superior. Pode-se, também, seleccionar uma forma e copiá-la usando a combinação de teclas “Ctrl+C”, e colá-la usando as teclas “Ctrl+V”.

MODELAGEM 3D: COMBINANDO FORMAS

De um modo geral, a modelagem 3D (assim como a modelagem no mundo real) consiste em adicionar e subtrair partes e uma forma, seja ela qual for. No exemplo esquematizado pela Figura 68, uma peça de xadrez foi construída sobrepondo as quatro outras formas básicas que estão ao lado dela.

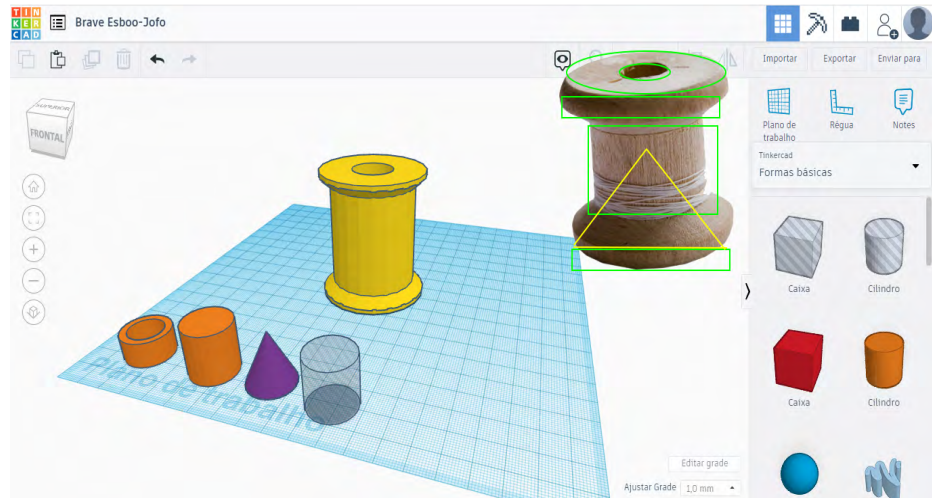
Figura 68 - Tinkercad - Combinando Formas.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Para começar a modelagem de uma peça o ideal é olhar o objeto (Figura 69) a ser modelado e tentar encaixá-lo nas formas básicas que já existem ou estão modeladas em 3D (o mesmo vale para desenhos). Pois, assim, é possível identificar formas preexistentes e tentar montar o objeto final usando essas formas.

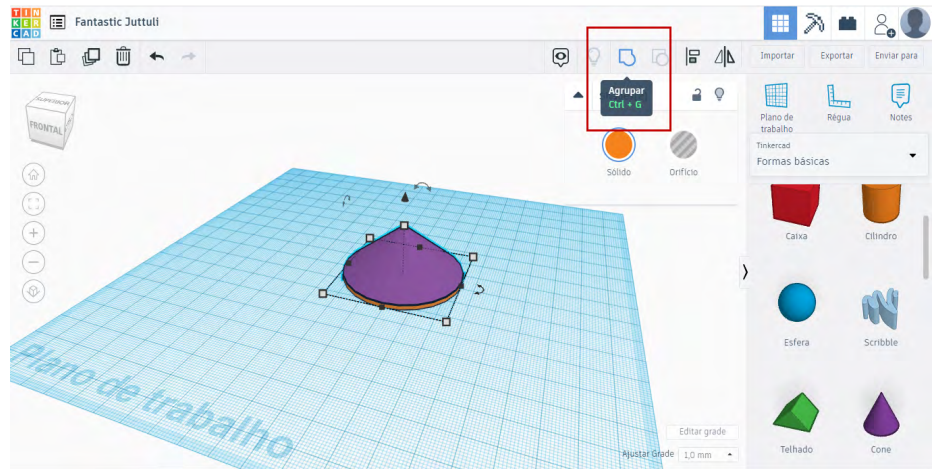
Figura 69 - Tinkercad - Identificando as Formas Básicas.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

No plano de trabalho é possível adicionar diversas formas e combiná-las da maneira que se desejar. A Figura 70 ilustra duas formas, um cilindro e um cone, posicionados um sobre o outro. Quando as duas (ou mais) formas estiverem no formato ou proximidade desejada, basta clicar em agrupar, se elas estiverem próximas pertencerão a uma única seleção.

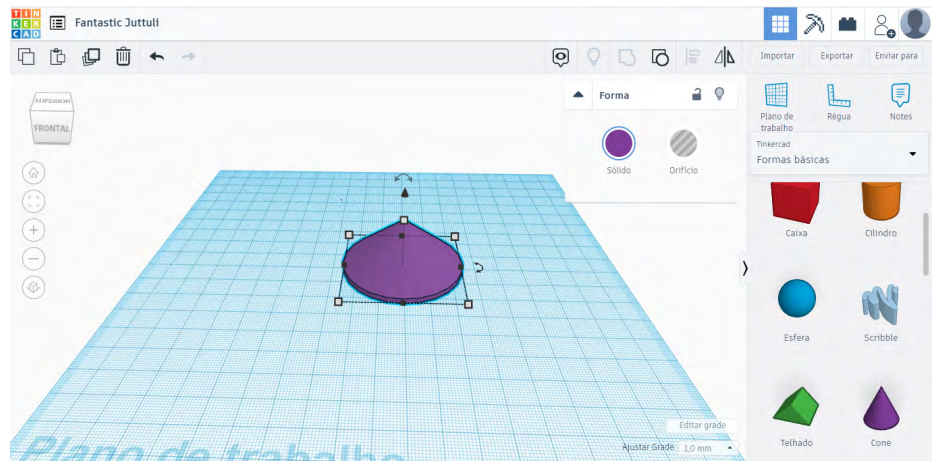
Figura 70 - Tinkercad - Agrupando Formas. (Passo 1)



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Para unir totalmente duas formas, é necessário sobrepor uma sobre a outra, selecionar as duas formas e clicar em agrupar, usando o botão “Agrupar” do menu superior (Figura 71).

Figura 71 - Tinkercad - Agrupando Formas. (Passo 2)

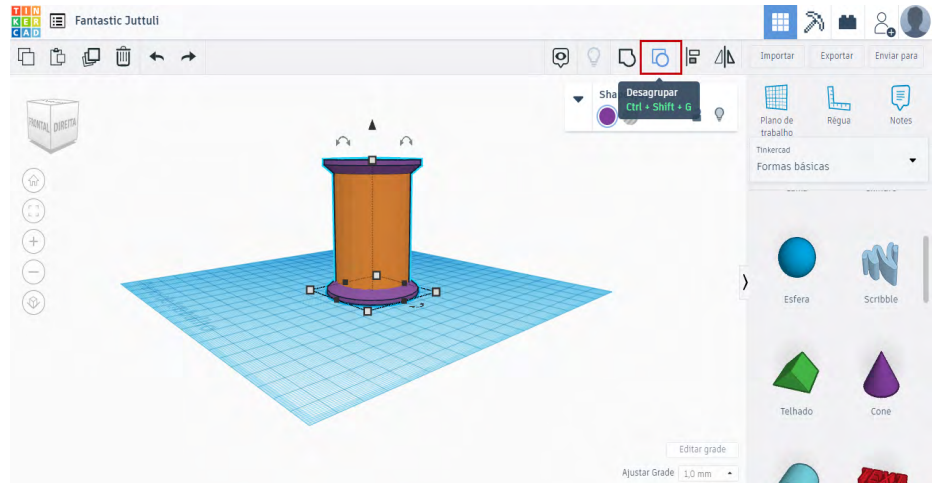


Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

SUMÁRIO

Para desagrupar duas (ou mais) formas, é necessário clicar no botão “Desagrupar” do menu superior (Figura 72). Isso pode ser feito mesmo que as duas formas estejam totalmente unidas.

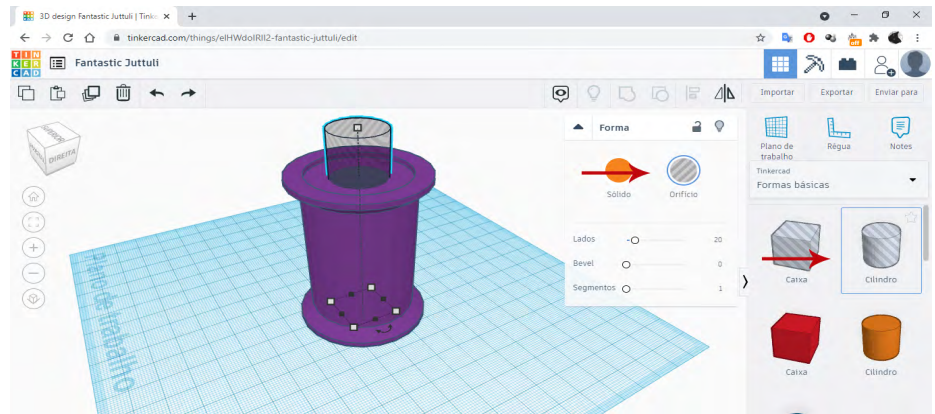
Figura 72 - Tinkercad - Desagrupando Formas.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Outra ação que pode ser realizada é incluir aberturas em formas existentes. Para isso, é necessário escolher a forma da abertura, que pode ser uma forma básica ou mais de uma), posicionar no local desejado e clicar na opção “Orifício”, no menu Forma, o que modifica a cor da forma para cinza (Figura 73).

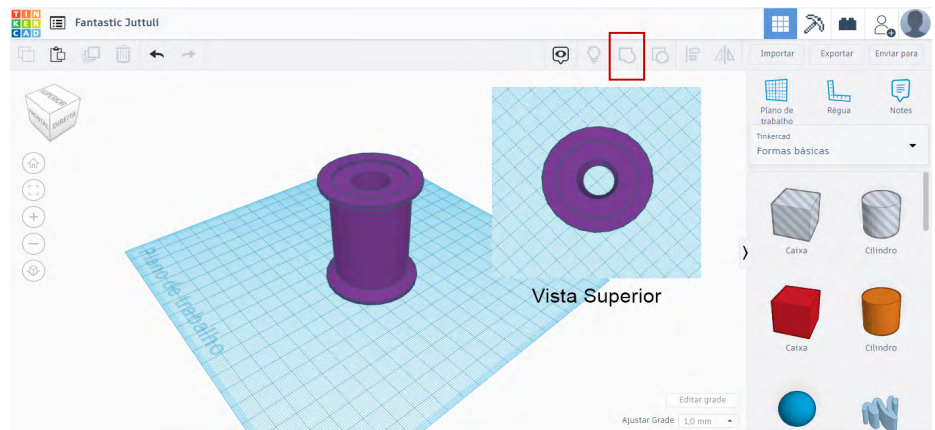
Figura 73 - Tinkercad - Criando Orifícios. (Parte 1)



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Após, é necessário clicar em agrupar e a abertura ficará visível nas formas que foram agrupadas, como ilustra a Figura 74.

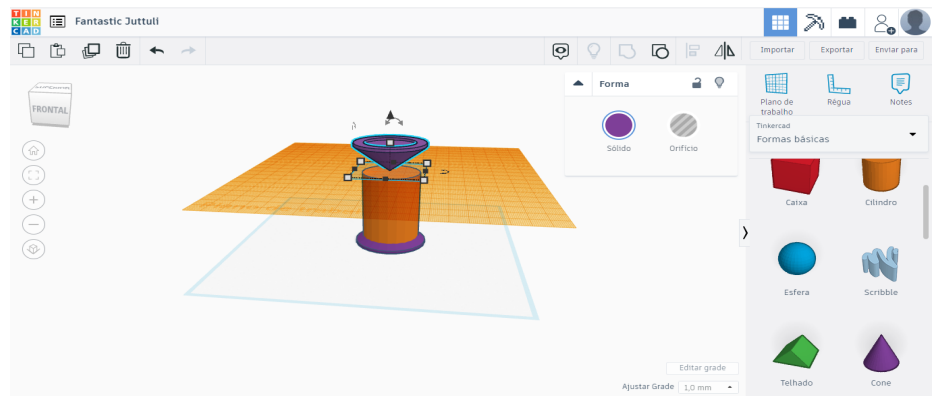
Figura 74 - Tinkercad - Criando Orifícios. (Parte 2)



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Para adicionar uma nova forma acima ou ao lado da forma que está sendo modelada, é necessário clicar no “Plano de Trabalho” no menu à direita (em destaque na Figura 75) e colocar na face desejada, assim todas as novas formas serão adicionadas sobre o novo plano. Para o plano de trabalho voltar ao posicionamento original, basta clicar em Plano de trabalho e em um espaço em branco da tela.

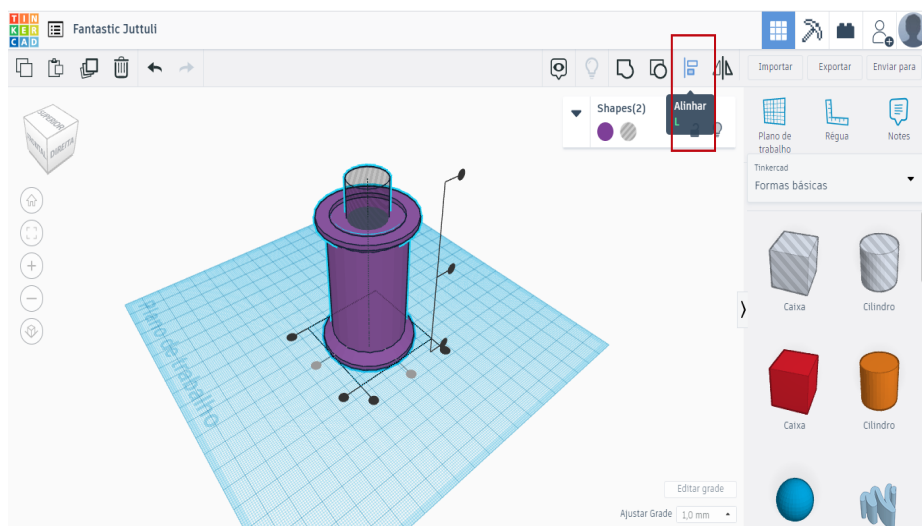
Figura 75 - Tinkercad - Adicionando Formas ao Plano de Trabalho.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

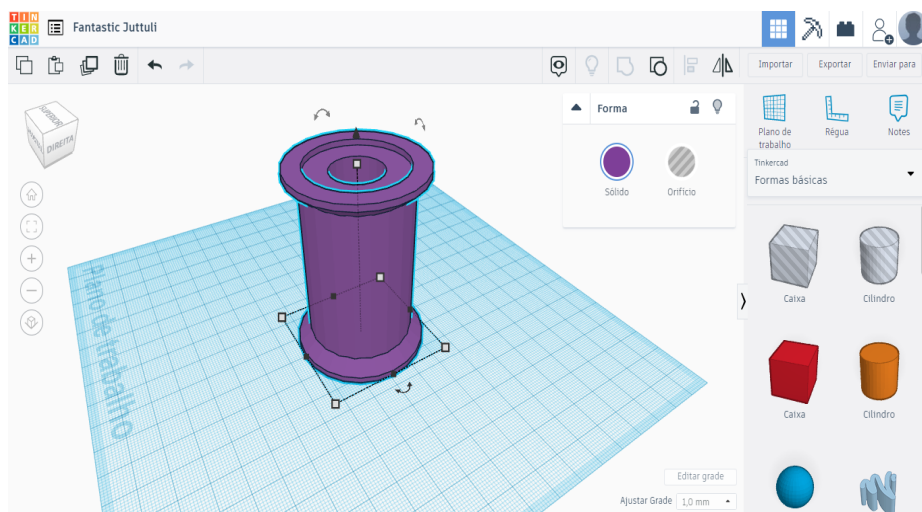
Quando a forma estiver pronta, basta selecionar todos os itens que estão dispostos no plano de trabalho e clique para “alinhar” (Figura 76), em seguida escolha a melhor opção de alinhamento clicando nas bolinhas pretas, em seguida clique em “Agrupar” para que eles sejam uma única forma (Figura 77).

Figura 76 - Tinkercad - Alinhando Formas.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Figura 77 - Tinkercad - Gerando uma Única Forma.



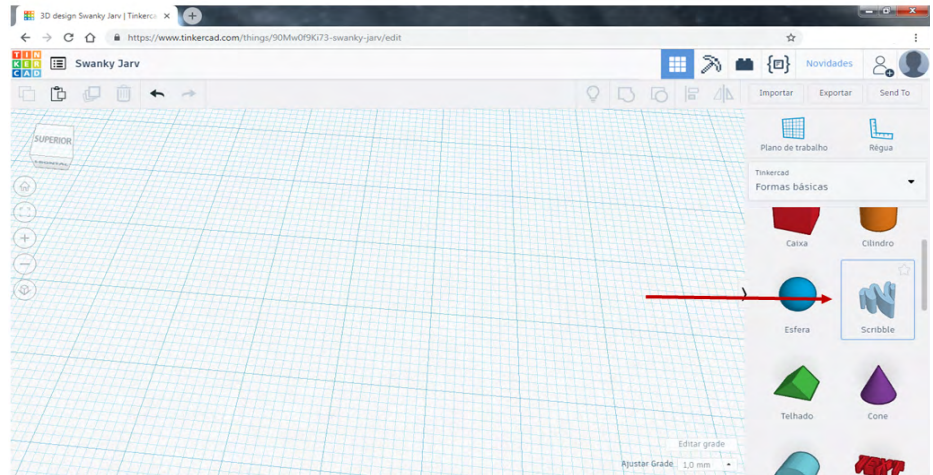
Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

SUMÁRIO

DESENHANDO FORMAS TRIDIMENSIONAIS

O Tinkercad possui uma forma denominada “Scribble” (Figura 78), a qual permite que se desenhe livremente pelo plano de trabalho. Novas ferramentas (Figura 78 - parte inferior) aparecem para a edição dessa forma que será criada à mão livre.

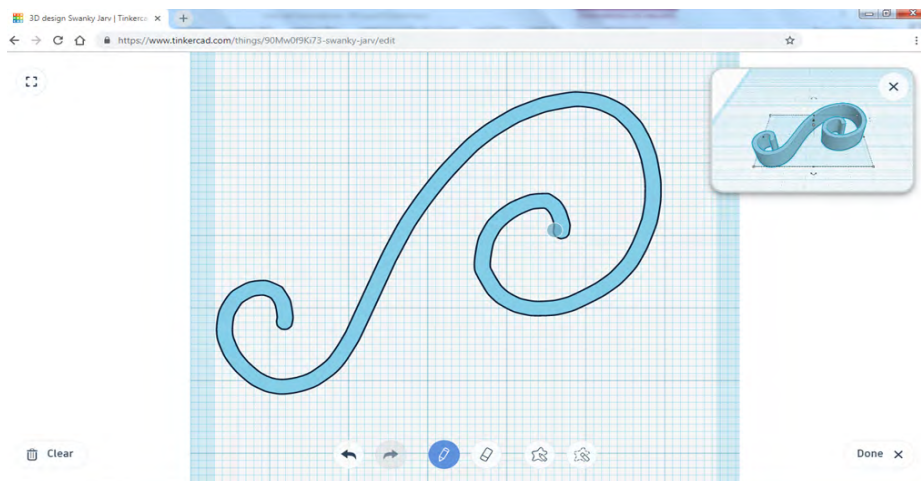
Figura 78 - Tinkercad - Ferramenta Scribble.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Pegando a caneta disponibilizada na parte inferior da tela, é possível desenhar uma forma livremente de maneira bidimensional, sendo que uma previsão da forma tridimensional é mostrada no canto superior direito (Figura 79).

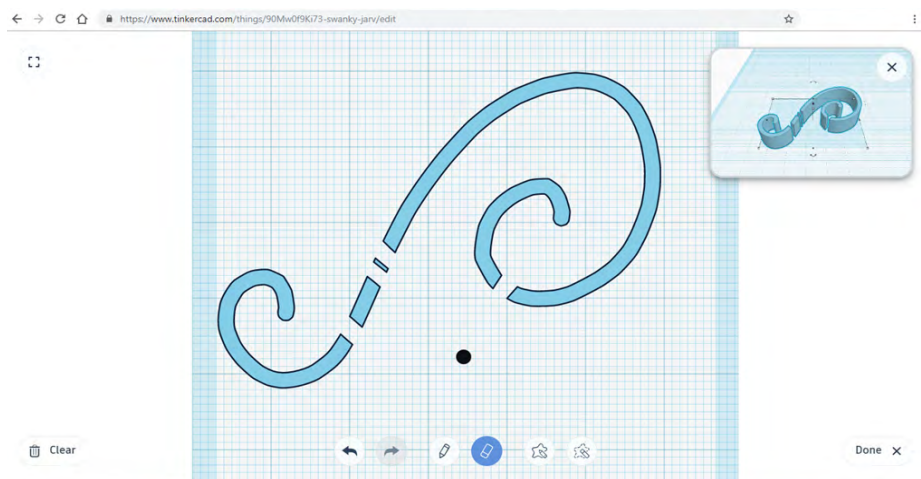
Figura 79 - Tinkercad - Desenhando Formas à Mão Livre.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Com a ferramenta “Borracha” é possível apagar qualquer parte da forma, gerando formas que são compostas por várias partes (Figura 80).

Figura 80 - Tinkercad - Usando a Borracha.

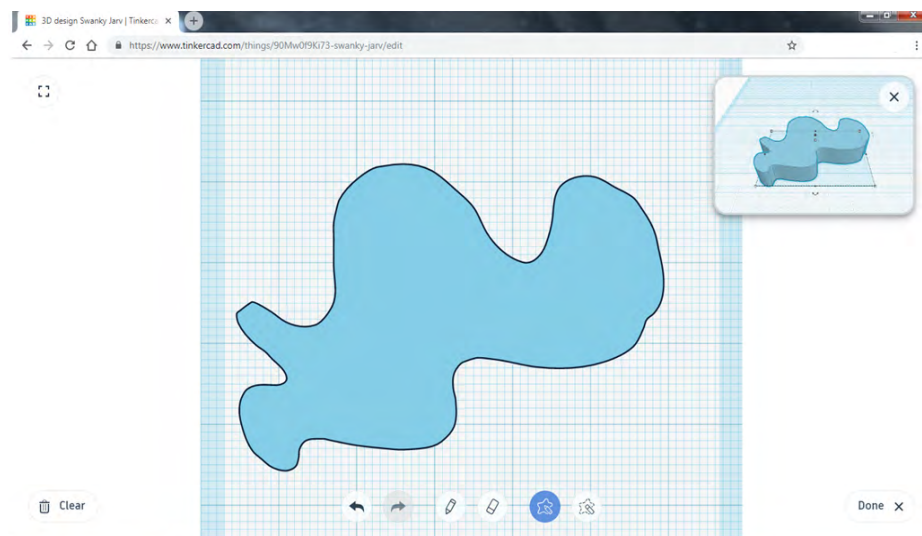


Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

SUMÁRIO

É possível usar a ferramenta “Desenhar Forma” que possibilita desenhar uma forma como se fosse um vetor. Assim, devido à característica dos vetores, é necessário que toda a forma seja contornada. Neste caso, a forma vira um sólido totalmente preenchido, como ilustra a visualização no canto superior direito da Figura 81.

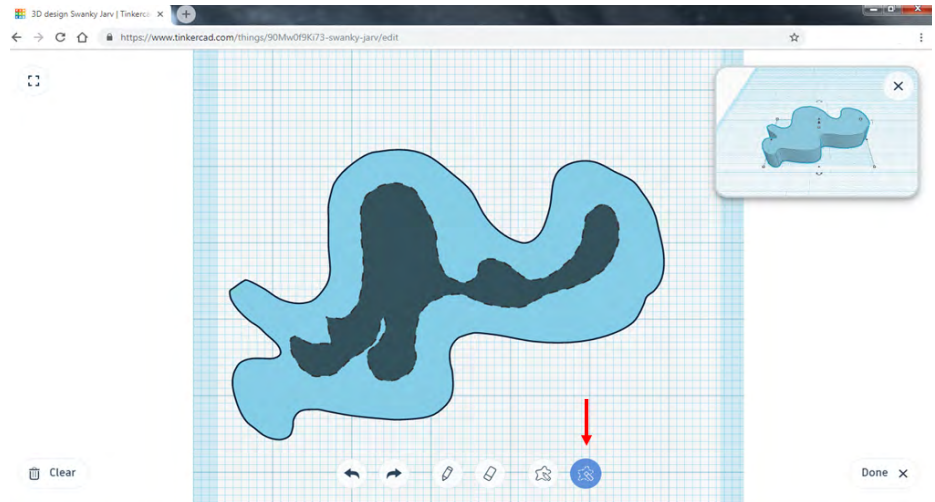
Figura 81 - Tinkercad - Desenhando Forma Vetorial.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Utilizando a ferramenta “Apagar com forma” é possível abrir um orifício na forma criada pelo usuário (Figura 82).

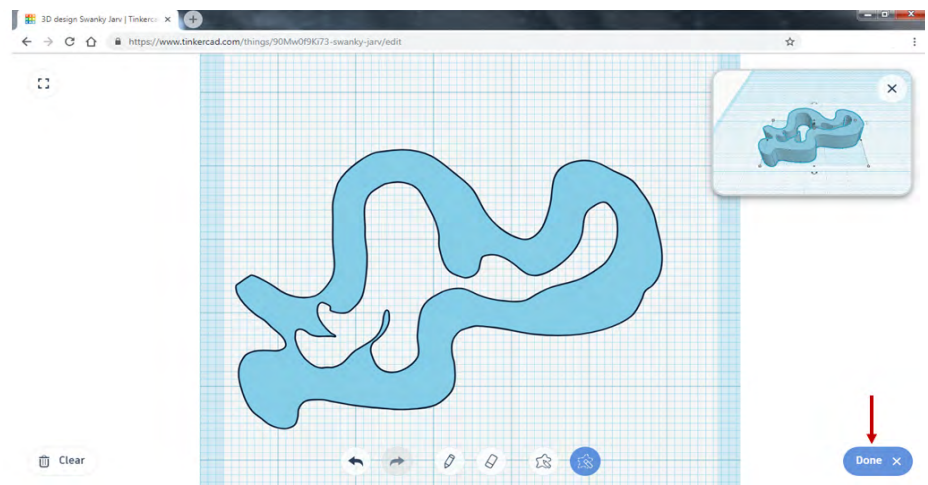
Figura 82 - Tinkercad - Apagando Partes de uma Forma Vetorial.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Quando o desenho da forma que será apagada é concluído, o desenho forma um orifício que é aberto no desenho inicial. Ao finalizar o desenho de toda a forma, é possível retornar ao plano de trabalho normal, usando o botão “Done” na parte inferior da janela (Figura 83).

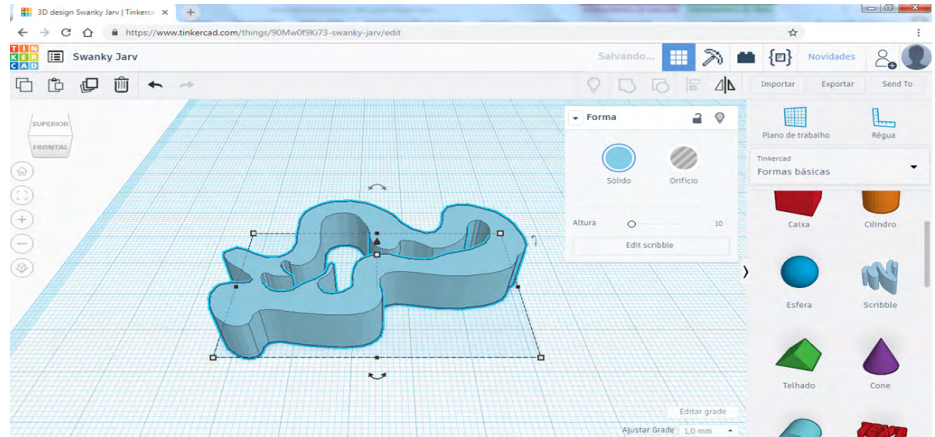
Figura 83 - Tinkercad - Concluindo Criação de Forma Vetorial.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

A forma elaborada usando a ferramenta “Scribble” aparece no plano de trabalho e pode ser manipulada como qualquer uma das outras formas já existentes no Tinkercad (Figura 84).

Figura 84 - Tinkercad - Visualizando Forma Criada.



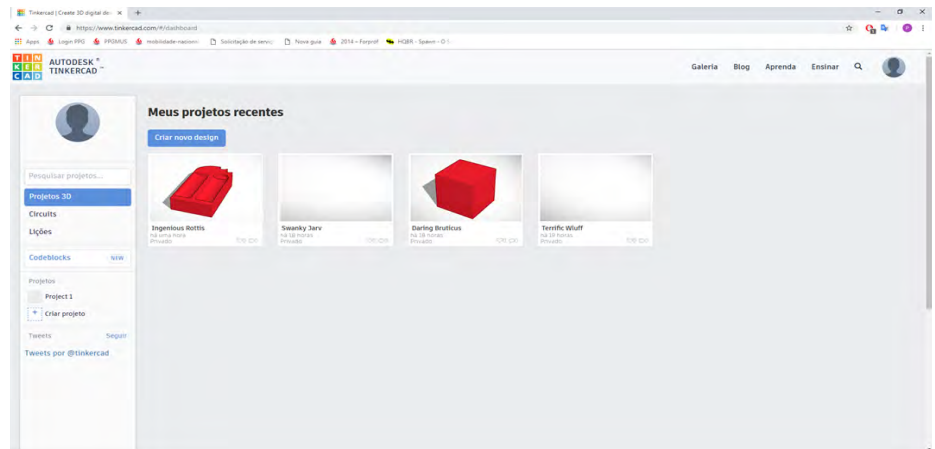
Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

COMO EXPORTAR OS OBJETOS CRIADOS?

No Tinkercad os projetos ficam automaticamente salvos no menu projetos 3D, para usá-los em outras ferramentas é necessário exportá-los. Há duas formas que podem ser usadas para exportar os objetos criados. A primeira consiste em acessar a área de projetos (Figura 85), clicar no nome do projeto e clicar no botão “Baixar”, com isso será possível escolher para qual tipo de arquivo se deseja exportar.

SUMÁRIO

Figura 85 - Tinkercad - Área de Projetos.

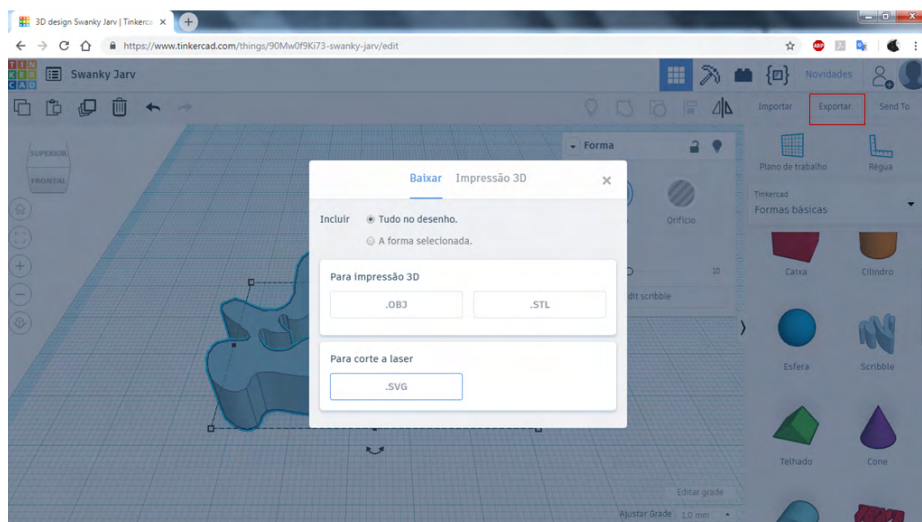


Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Clicando no projeto aparece uma tela que possibilita que a modelagem possa ser exportada em um arquivo bidimensional ou tridimensional. Para exportar uma imagem bidimensional deve-se escolher a opção .SVG. A segunda forma de exportação compreende exportar tudo que está desenhado no plano de trabalho ou só o objeto que está selecionado (Figura 86). Para isso, no menu superior direito clique no botão “Exportar” e serão exibidas em uma janela os formatos de arquivo que podem ser selecionados.

SUMÁRIO

Figura 86 - Tinkercad - Exportando Objetos.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

TINKERCAD: COMO APRENDER?

No site do Tinkercad é possível encontrar diversos recursos para aprender a utilizá-lo. Ao acessar o item “Aprenda” no menu superior são listadas três categorias de recursos: disparadores, lições e projetos (Figura 87).

SUMÁRIO

Figura 87 - Tinkercad - Disparadores, Lições e Projetos.



Fonte: <https://www.tinkercad.com/learn/designs>.

Os disparadores apresentam pequenas explicações sobre as principais funções básicas que podem ser usadas em um projeto 3D, relacionado às lições que são relevantes. As lições auxiliam os usuários a desenvolver habilidades importantes para criar objetos usando projetos 3D. Já os projetos concentram-se em detalhar como os objetos podem ser relacionados e como eles podem ser usados para criar um projeto 3D completo.

SUMÁRIO

7

Silvia de Castro Bertagnoli

André Peres

REPOSITÓRIOS DE FABRICAÇÃO DIGITAL

DOI: 10.31560/pimentacultural/2021.898.134-149

Atualmente, é possível encontrar diversos repositórios que disponibilizam modelos de fabricação digital, e que podem ser usados na simples replicação ou como base para a produção de novos modelos. Esses repositórios disponibilizam modelos 2D e 3D online, em plataformas específicas.

Existem vários repositórios que podem ser consultados para acesso a esse tipo de modelo: Youmagine³¹, NIH 3D³², Pinshape³³, MyMiniFactory³⁴, Cults3D³⁵ e Thingiverse³⁶. No caso dos repositórios Youmagine, Pinshape, MyMiniFactory e Cults3D, não há uma área específica para modelos vinculados à educação. Para localizar objetos 2D e 3D nesses repositórios é necessário informar palavras-chaves e expressões de busca relacionadas aos objetos que se deseja localizar. Já o NIH 3D possui vários modelos relacionados ao ensino de Medicina.

O repositório que apresenta uma seção específica para o uso na área educacional é o Thingiverse. Além dele, tem-se o Instructables, que disponibiliza diversos projetos que podem ser adaptados ao contexto educacional, e que são criados usando modelos 3D e 2D.

THINGIVERSE

O Thingiverse é um dos repositórios de fabricação digital mais completo e um dos mais utilizados em diversos países, visto que disponibiliza aos usuários inúmeros modelos de objetos 2D e 3D. Ele possui o formato de rede social, onde os usuários compartilham arquivos

31 Disponível em: <https://www.youmagine.com/>.

32 Disponível em: <https://3dprint.nih.gov/>.

33 Disponível em: <https://pinshape.com/>.

34 Disponível em: <https://www.myminifactory.com/>.

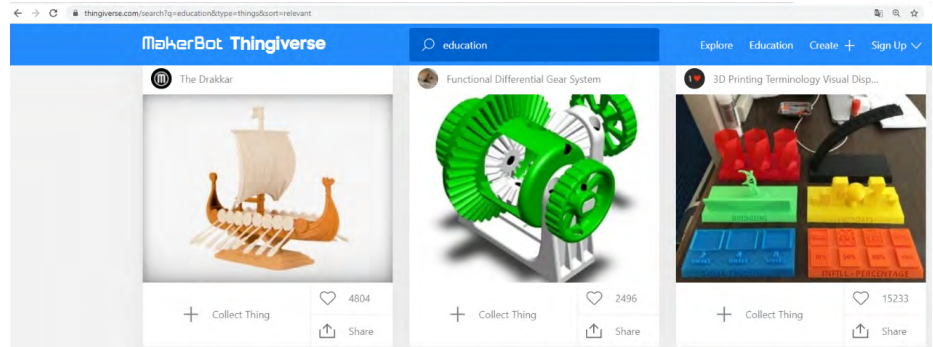
35 Disponível em: <https://cults3d.com/en>.

36 Disponível em: <https://www.thingiverse.com/>.

de modelos 2D e 3D de forma pública e sem custos. O uso desse repositório no contexto educacional pode ocorrer de três formas:

a. a primeira consiste em utilizar na *string* de busca palavras, expressões/termos relacionados à área de educação, resultando em um conjunto de objetos, que estão organizados no formato de cartões. Para cada cartão tem-se uma foto do objeto, comentários e o número de vezes que aquele objeto foi “curtido” pelos usuários do repositório (Figura 88);

Figura 88 - Thingiverse - Pesquisando com a expressão “Education”.

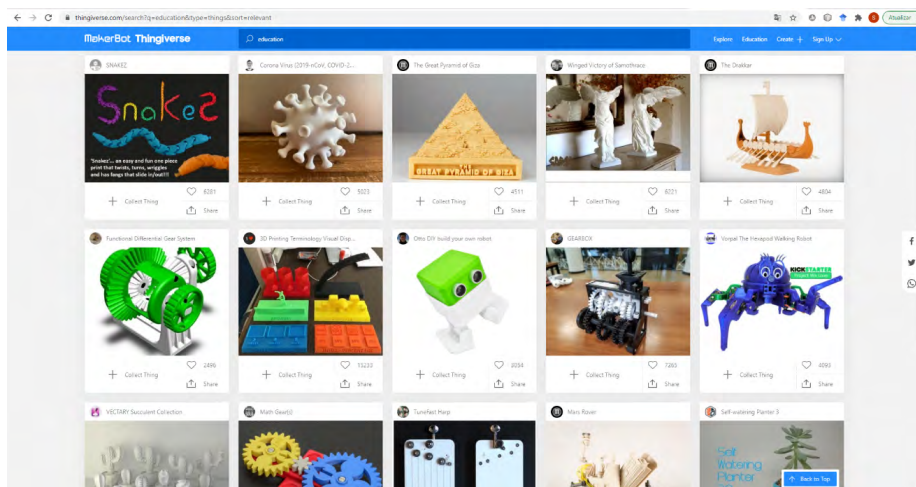


Fonte: <https://www.thingiverse.com/search?q=education&type=things&sort=relevant>.

a. a segunda forma para localizar objetos, de forma rápida, que podem ser usados no contexto educacional, é usando TAGs. Para localizar facilmente os objetos 2D e 3D da área de educação pode-se usar o caminho <https://www.thingiverse.com/tag:education>;

b. a terceira forma consiste em acessar o site do Thingiverse e clicar no botão “Education” na tela principal (Figura 89);

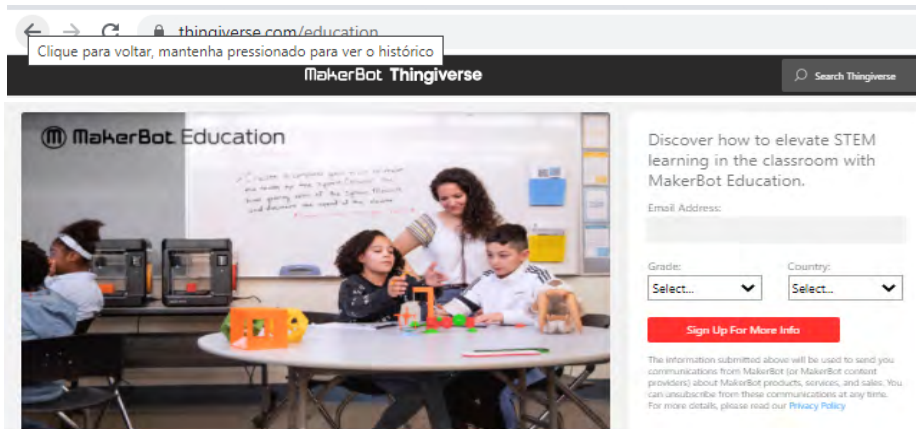
Figura 89 - Thingiverse - Acesso à área de modelos para Educação.



Fonte: <https://www.thingiverse.com/>.

Ao acessar a área de modelos para a Educação do Thingiverse é possível encontrá-los organizados por nível de ensino ou por área do conhecimento, como ilustra a Figura 90.

Figura 90 - Thingiverse - Área com Modelos para Educação.



SUMÁRIO

The screenshot displays the Thingiverse website interface for educational projects. At the top, there are two filter sections: "Filter Lessons by Subject" and "Filter Lessons by Subject". The subject filters include Art, Engineering, Geography, History, K-6 Lesson Filter, Science, Special Ed, Technology, Languages, University Lesson Filter, and Math. The grade filters include 7-12 Lesson Filter and a Reset button. Below the filters is a grid of project cards. Each card features a thumbnail image, a title, a heart icon with a count, and buttons for "Collect Thing" and "Share".

Project Title	Image Description	Heart Count
Fully Working Rigid Heddle Loom	A yellow and orange loom with threads.	1342
Tessellation Escher Project	A colorful, abstract tessellation pattern.	1186
Oriceps: Origami Inspired Forceps	A hand holding blue origami forceps.	1128
Hair Ornament: Get Girls Excited Ab...	A hand holding a black hair ornament.	939
Desk Name Plate Project 2017	A desk name plate with yellow letters.	820
GearBug: introduction to electronics	A small robot with a gear and a green body.	504

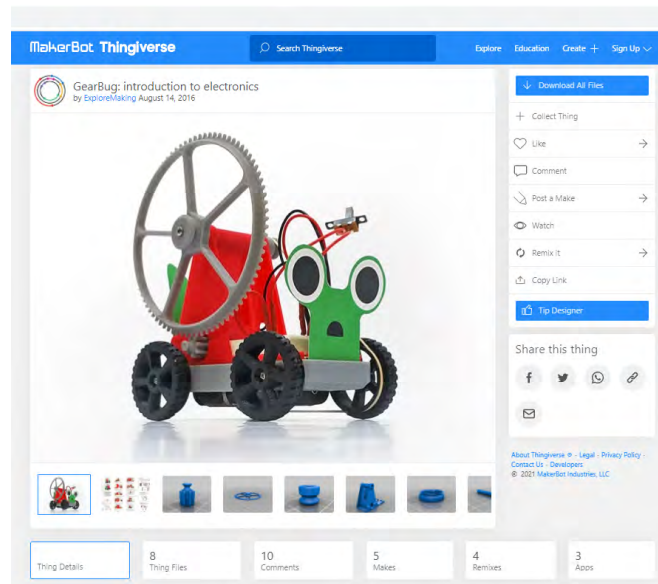
Fonte: <https://www.thingiverse.com/education>.

Ao selecionar uma área ou um nível de ensino, os objetos correspondentes são listados no formato de cartões, como ilustra a Figura 90. Para acessar um dos objetos basta clicar sobre ele que uma página com vários detalhes do objeto é aberta (Figura 91). Na parte principal é possível visualizar uma imagem de destaque do objeto, e abaixo dela, outras imagens vinculadas a ele, tais como partes que podem ser impressas, sendo que alguns desses objetos possuem manuais vincula-

SUMÁRIO

dos (como o do exemplo da Figura 91), e também vídeos associados. Na parte inferior são quantificados alguns aspectos do objeto: o número de arquivos vinculados, o total de comentários, quantos usuários já reproduziram o objeto, quantos já remixaram, ou seja, adaptaram o projeto e quantos apps foram usados.

Figura 91 - Thingiverse - Acessando um Objeto. (Parte 1)



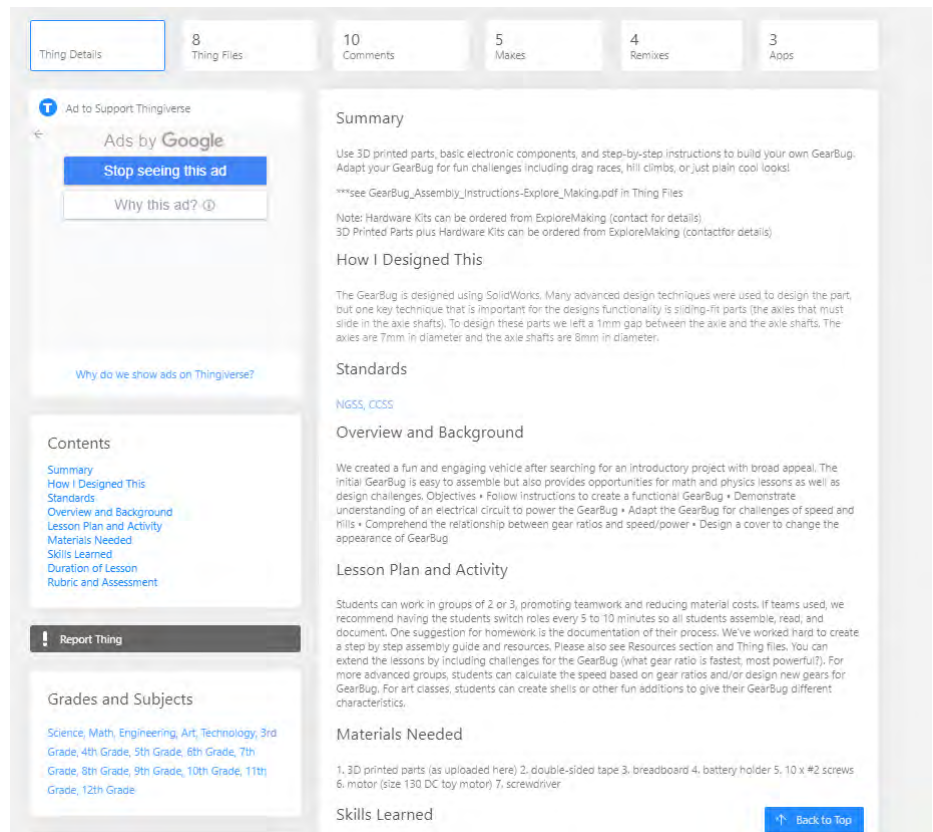
Fonte: <https://www.thingiverse.com/thing:1720192>.

No menu à direita (Figura 91) é possível encontrar diversos *links* para comentários, para *likes*, entre outros. Além disso, é possível realizar o *download* dos arquivos relacionados à modelagem do objeto. Também é possível realizar o *download* dos arquivos vinculados à modelagem do objeto. Esse arquivo pode ser usado em ferramentas que suportam o formato .STL, como o Tinkercad.

SUMÁRIO

Ainda na página de acesso ao objeto outras informações são disponibilizadas (Figura 92) como: o conteúdo associado ao objeto, algumas recomendações de atividades, as habilidades que podem ser desenvolvidas com ele e os níveis de educação em que o objeto pode ser usado.

Figura 92 - Thingiverse - Acessando um Objeto. (Parte 2)



The screenshot displays the Thingiverse interface for a specific object. At the top, there are statistics: 8 Thing Files, 10 Comments, 5 Makes, 4 Remixes, and 3 Apps. Below this is an advertisement for Thingiverse. The main content area includes a 'Summary' section with a description of the 'GearBug' project, which is a 3D printed vehicle. It lists materials needed, such as 3D printed parts and hardware kits. There is also a 'Standards' section mentioning NGSS and CCSS. The 'Overview and Background' section describes the project's goals and objectives. The 'Lesson Plan and Activity' section provides suggestions for classroom use. The 'Materials Needed' section lists the specific components required for assembly. Finally, the 'Skills Learned' section lists the educational outcomes. A 'Report Thing' button is visible on the left side of the page.

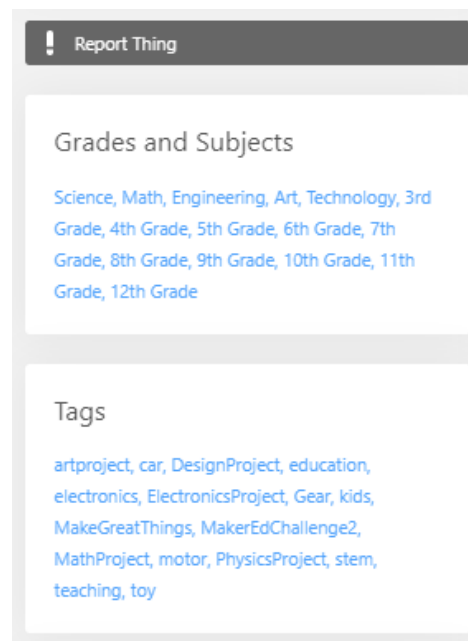
Fonte: <https://www.thingiverse.com/thing:1720192>.

Usando a documentação associada ao objeto é possível realizar uma busca por outros objetos que podem ser usados no mesmo nível

SUMÁRIO

de ensino, ou ainda por TAGs específicas (Figura 93). Essa é uma característica desse tipo de repositório, ou seja, o uso de palavras que relacionam os objetos uns aos outros, facilitando a localização de um objeto para um determinado propósito.

Figura 93 - Thingiverse - Acessando um Objeto. (Parte 3)



Fonte: <https://www.thingiverse.com/thing:1720192>.

Um detalhe interessante desse repositório é que ele possui TAGs que vinculam os objetos à abordagem pedagógica de STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics*) e de STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*), usando as respectivas TAGs, *tag:steam*³⁷ e *tag:stem*³⁸. Isso é interessante, visto que a Base Nacional

37 URL completa: <https://www.thingiverse.com/tag:steam>.

38 URL completa: <https://www.thingiverse.com/tag:stem>.

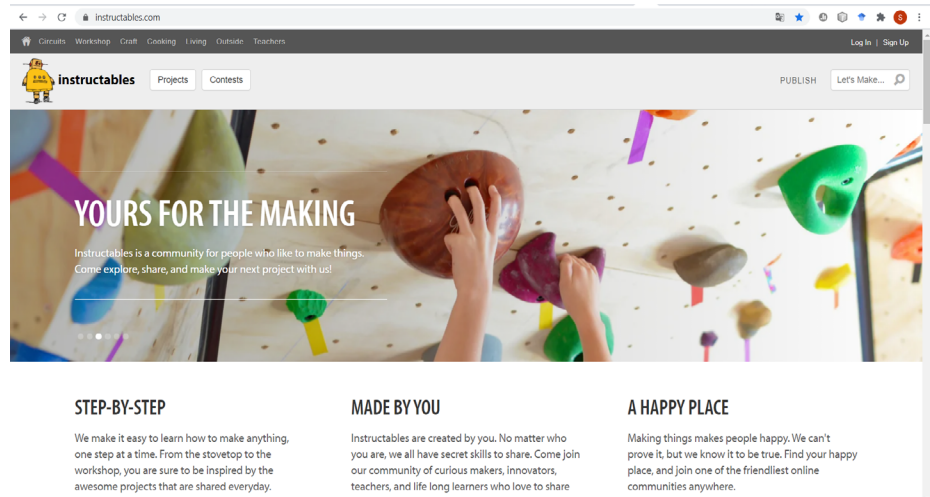
SUMÁRIO

Comum Curricular (BNCC) e outros documentos vinculados à educação brasileira, apontam a importância de se desenvolver junto aos estudantes habilidades necessárias para atuar no século XXI.

INSTRUCTABLES

O *Instructables*³⁹ é um site que disponibiliza diversos projetos, nas mais diversas áreas, que podem ser produzidos com os mais variados tipos de materiais. Ele foi lançado em 2005, e em 2011 foi adquirido pela Autodesk. Ele disponibiliza diversos projetos que foram desenvolvidos pelos seus membros. Nesse site, os usuários postam projetos e recursos/modelos associados, viabilizando utilizá-los em diferentes contextos. Sua interface principal é composta por um menu superior de categorias e uma área de explicações e projetos disponibilizados (Figura 94).

Figura 94 - Instructables Tela Principal.

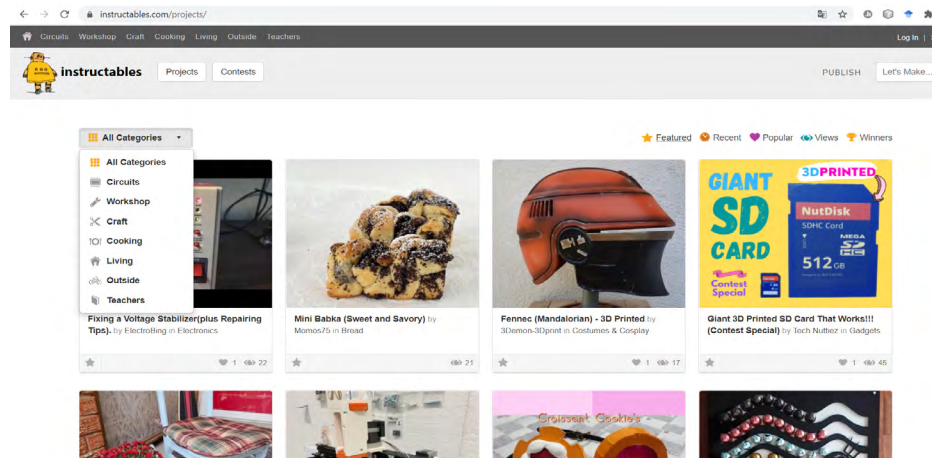


Fonte: <https://www.instructables.com/>.

39 Disponível em: <https://www.instructables.com/>.

Clicando no botão “Projects” é possível ter acesso aos projetos que estão cadastrados no *Instructables*. Esses projetos estão organizados por diferentes categorias, como por exemplo circuitos e professores. É possível selecionar a categoria diretamente usando o menu superior, ou na listagem dos projetos clicando na caixa de seleção “All Categories” (Figura 95).

Figura 95 - Instructables Listando Projetos.

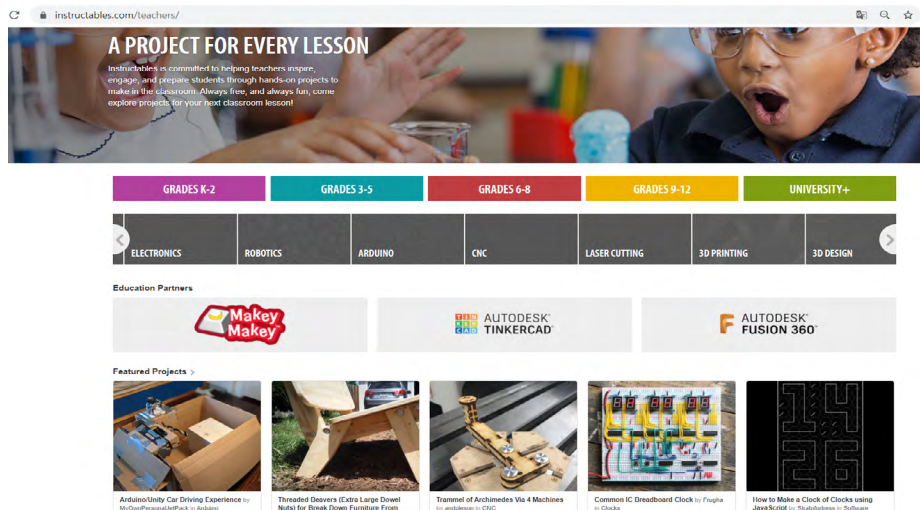


Fonte: <https://www.instructables.com/projects/>.

Ao clicar na categoria “Teachers” serão listados os projetos em cards, sendo que ainda é possível selecioná-los usando o nível de ensino (*Grade k-2; Grades 3-5, Grades 6-9, Grades 9-12 e University+*) ou por diferentes tipos de tecnologia ou processos de fabricação (Figura 96), como, por exemplo: Arduino, CNC, 3D Printing, etc.

SUMÁRIO

Figura 96 - Instructables Selecionado Projetos por Nível de Ensino ou Tecnologia.

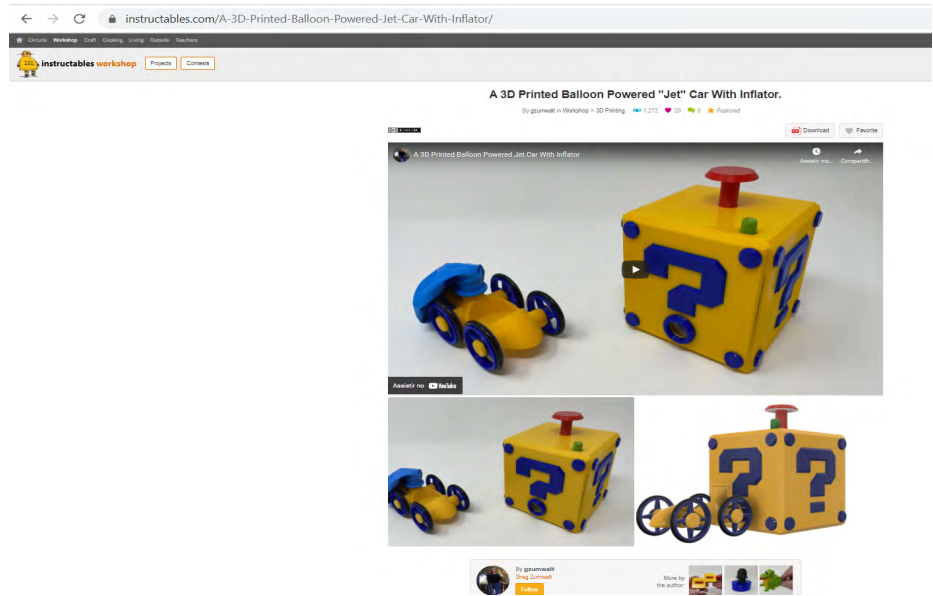


Fonte: <https://www.instructables.com/teachers/>.

Ao clicar em um projeto (Figura 97) é possível ver imagens, vídeos e propriedades vinculadas a ele. Em alguns projetos é disponibilizado o conjunto de passos que podem ser usados para replicar os objetos constantes no referido projeto.

SUMÁRIO

Figura 97 - Instructables - Acessando um Projeto.






















Fonte: <https://www.instructables.com/A-3D-Printed-Balloon-Powered-Jet-Car-With-Inflator/>.

De modo similar ao Thingiverse, é possível encontrar diversos modelos e arquivos visuais que foram usados para criar o projeto. A Figura 98 ilustra a tela que disponibiliza alguns dos arquivos do projeto da Figura 97. É importante observar que o tipo de arquivo depende do projeto que está sendo acessado. No site ainda é possível visualizar os objetos de cada arquivo ou realizar o *download*, no formato especificado.

SUMÁRIO

Figura 98 - Instructables - Visualizando Arquivos de um Projeto.

This model also uses threaded assembly, so I used a tap and die set (5mm by 3, 8mm by 1.25 and 10mm by 1.5) as required for thread cleaning.

 Bellow Base.stl	View in 3D	Download
 Bolt (M8 by 1.25 by 5mm).stl	View in 3D	Download
 Bolt (M8 by 1.25 by 9.6mm).stl	View in 3D	Download
 Button, Release, Retainer.stl	View in 3D	Download
 Button, Release.stl	View in 3D	Download
 Car, Axle.stl	View in 3D	Download
 Car, Chassis.stl	View in 3D	Download
 Car, Wheel.stl	View in 3D	Download
 Case, Bottom.stl	View in 3D	Download
 Case, Side, Blue.stl	View in 3D	Download
 Case, Side, Nozzle, Blue.stl	View in 3D	Download
 Case, Side, Nozzle, Yellow.stl	View in 3D	Download
 Case, Side, Nozzle.3mf		Download
 Case, Side, Yellow.stl	View in 3D	Download
 Case, Side.3mf		Download
 Case, Top.stl	View in 3D	Download
 Exhaust, Gasket.stl	View in 3D	Download
 Exhaust, Manifold.stl	View in 3D	Download
 Exhaust, Valve.stl	View in 3D	Download

Fonte: <https://www.instructables.com/A-3D-Printed-Balloon-Powered-Jet-Car-With-Inflator/>.

Após realizar o download dos arquivos do projeto, basta imprimi-los no equipamento adequado ao seu formato, por exemplo, arquivos STL serão impressos em uma impressora 3D.

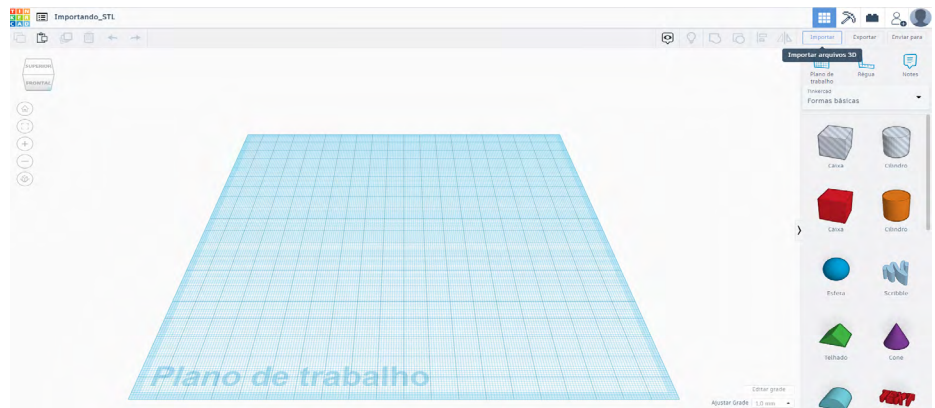
O site *Making Starts Here*⁴⁰, também de propriedade da Autodesk, disponibiliza em sua tela principal um conjunto de projetos que foram desenvolvidos e disponibilizados para a comunidade de usuários. O interessante desse site é que ele contém dicas sobre o que é educação *maker* e como usar projetos e ferramentas com os estudantes.

40 Disponível em: <https://www.makingstartshere.com/>.

IMPORTANDO MODELOS .STL NO TINKERCAD

Para usar um modelo de um dos repositórios no Tinkercad é necessário clicar em salvar o arquivo em uma pasta no computador e abrir os arquivos .STL. Após, é necessário acessar o Tinkercad e criar um projeto. Dentro do projeto deve-se acessar o botão “Importar”, à direita na Figura 99.

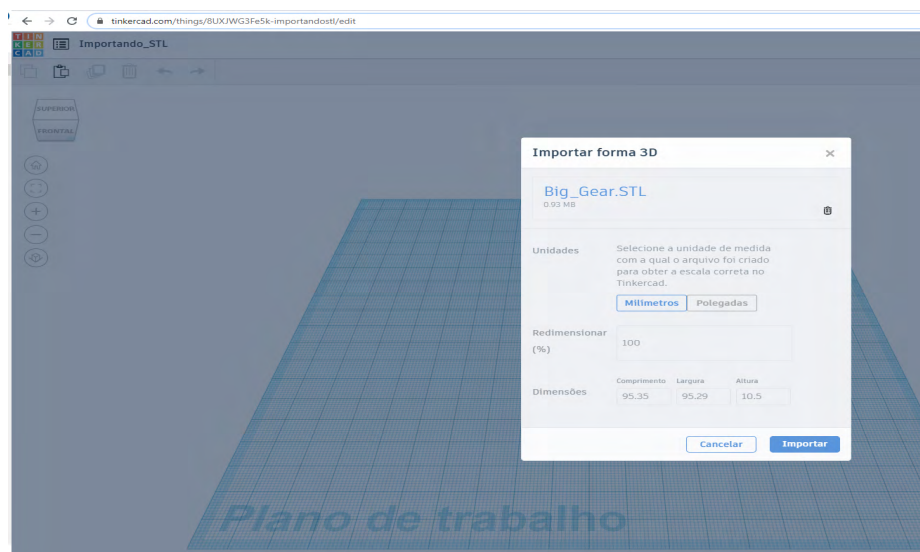
Figura 99 - Tinkercad - Importando Arquivos.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Ao clicar no botão “Importar” vai aparecer uma janela onde o arquivo deve ser carregado; após, é preciso verificar se é necessário realizar configurações na importação, usando as propriedades exibidas na Figura 100.

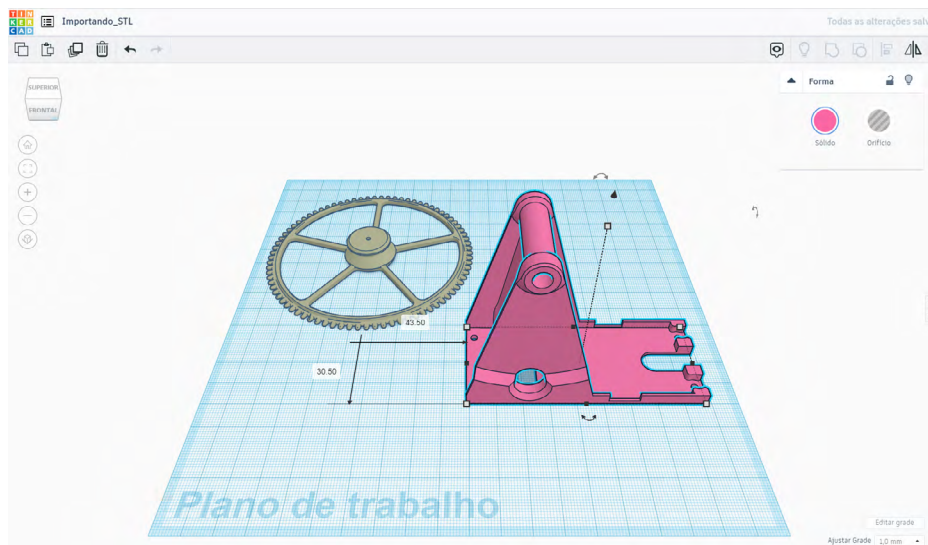
Figura 100 - Tinkercad - Configurando Propriedades na Importação.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Se nenhuma alteração for necessária basta clicar no botão “Importar” (Figura 100). O Tinkercad irá importar a imagem e exibi-la no plano de trabalho (Figura 101). Observa-se que para importar as demais partes do modelo basta clicar no botão “Importar” (Figura 100), que cada parte do objeto é exibida no plano de trabalho (Figura 101).

Figura 101 - Tinkercad - Peças Importadas de um Modelo.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Destaca-se que, somente se alguma modificação for necessária é que ele precisa ser importado no Tinkercad, caso contrário, basta imprimir o modelo usando a impressora 3D e seguindo as orientações constantes no Capítulo 9.

SUMÁRIO

8

Rosana Nitsch Pinheiro

Fabio Y. Okuyama

André Peres

MÁQUINA DE CORTE A LASER

A máquina de corte a laser é uma máquina que corta e grava diversos materiais, como madeira, acrílico, couro, entre outros, com base em um desenho vetorial. Conforme já mencionado, o desenho vetorial é uma imagem criada a partir de combinações matemáticas e geométricas entre ligações de pontos e linhas.

Para fazermos um desenho vetorial utilizamos *softwares* como o *Inkscape*, *CorelDraw*, *Illustrator*, entre outros, sejam pagos ou livres. Programas como *Photoshop* e *Gimp* também fazem desenhos em vetor, mas requerem maior perícia dos usuários, pois eles foram desenvolvidos principalmente para trabalhar em *bitmap* (*pixels*). A cortadora usa a marcação das linhas do vetor como caminho para cortar ou gravar – A escolha é feita no *software* da cortadora. Alguns programas 3D CAD, como o *SolidWorks*, também fornecem o desenho dos vários ângulos do objeto 3D, que pode ser vetorizado, caso já não seja um vetor, e então ser utilizado para o corte.

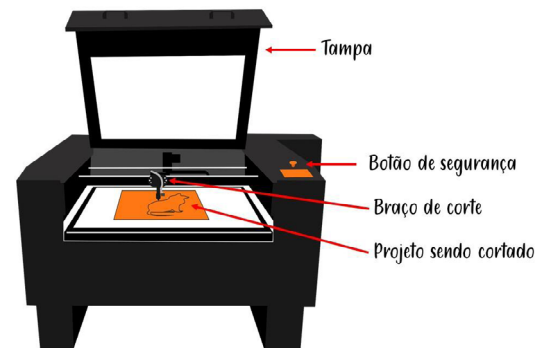
COMO USAR A MÁQUINA DE CORTE A LASER?

Para cortar um arquivo na máquina de corte a laser, deve-se, em primeiro lugar, inserir uma placa do material a ser cortado na máquina e realizar o ajuste da altura da lente do laser (foco do corte). Esse material pode ser placa de MDF (*Medium Density Fiberboard*), acrílico, entre outros. É importante salientar que as máquinas de corte à laser mais comuns são operadas por laser CO₂, e não cortam metais. Outro cuidado que deve ser observado é a possibilidade de emissão de gases tóxicos por materiais como PVC (*Polyvinyl Chloride*) ou resinas tóxicas em chapas de madeira como o próprio MDF. Após, é necessário carregar o modelo 2D para um programa de computador, que envia os comandos à máquina para que o corte ou gravação sejam realizados.

SUMÁRIO

Quando a máquina de corte a laser inicia o processo de corte ou gravação, um feixe de laser é projetado sobre o material e percorre todo o caminho vetorial indicado no modelo. Um exaustor retira toda a fumaça gerada durante o processo. Um esquema geral da máquina de corte a laser pode ser visualizado na Figura 102.

Figura 102 - Representação Esquemática de uma Máquina de Corte a Laser.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Dica!!

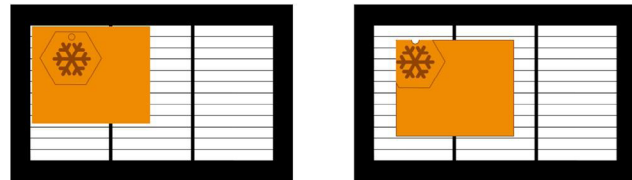
Para uso correto da Máquina de Corte a Laser observe as seguintes dicas:

- A espessura do material a ser cortado não pode ser superior à espessura suportada pela máquina.
- O material que está sendo cortado não pode refletir, como um espelho por exemplo, se isso acontecer o laser é desviado, gerando riscos aos usuários e ao equipamento.
- Só abra a máquina depois que toda a fumaça for extinta.
- Certifique-se de que o material que está sendo cortado não tenha nenhuma substância que possa ser tóxica quando queimada.
- Logo após o corte a peça cortada estará quente, cuidado para não se queimar.
- Não use a máquina com a tampa aberta.
- Use óculos de segurança adequado à frequência do laser utilizado para olhar a peça sendo cortada.

SUMÁRIO

Para que as peças fiquem cortadas corretamente é essencial verificar se a placa de MDF ou outro material está perfeitamente posicionada na base de corte, e é necessário verificar se o ponto inicial da máquina e do *software* está calibrado, ou seja, se é o mesmo. Se isso não ocorrer, a gravação pode ficar incorreta, como ilustra a Figura 103.

Figura 103 - Estrutura Geral da Máquina de Corte a Laser.



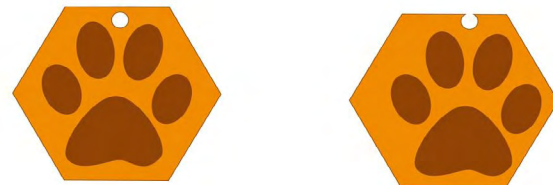
Certo

Errado

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Recomenda-se que primeiro sejam realizadas as gravações na peça e, em etapa subsequente, os cortes dos objetos internos, por exemplo furos e aberturas. A última etapa deve ser o corte externo, porque se ele for realizado no início a peça pode ficar instável na base e se deslocar no processo, fazendo com que pequenos furos ou recortes saiam em posições incorretas (Figura 104).

Figura 104 - Estrutura Geral da Máquina de Corte a Laser.



Certo

Errado

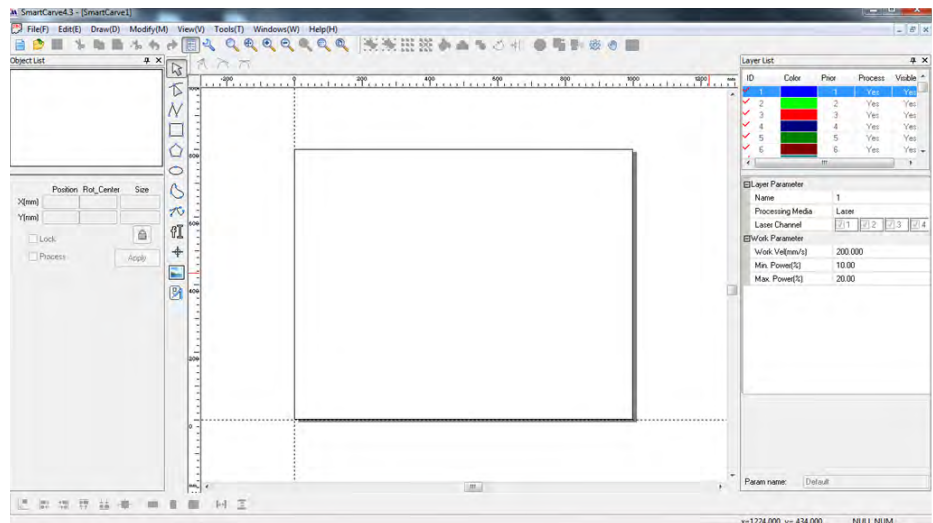
Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

CONFIGURANDO A IMPRESSÃO

Existem diversos *softwares* que podem ser usados para realizar a gravação/corte na máquina de corte a laser. No caso deste livro, foi selecionada a ferramenta Smart Carve 4.3⁴¹.

A Figura 105 esquematiza a tela inicial do SmartCarve4.3 usado com a cortadora a laser para imprimir modelos 2D. O retângulo central delimita a área de corte da máquina, o modelo a ser cortado precisa estar dentro dessa área.

Figura 105 - SmartCarve4.3 - Área de operação.

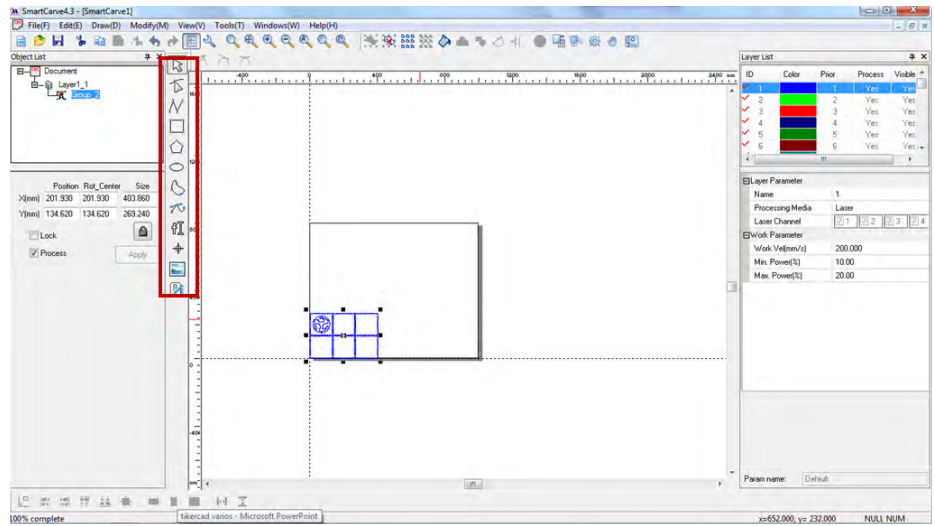


Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

O programa possui um conjunto de réguas que ajudam a situar onde o laser será projetado. Além disso, disponibiliza, à esquerda, uma caixa de ferramentas (Figura 106), sendo que as mais usadas serão a primeira (ferramenta seleção) e a segunda (editor de nós).

41 Disponível em: <https://smartcarve.software.informer.com/4.3/>.

Figura 106 - SmartCarve4.3 - Caixa de Ferramentas.



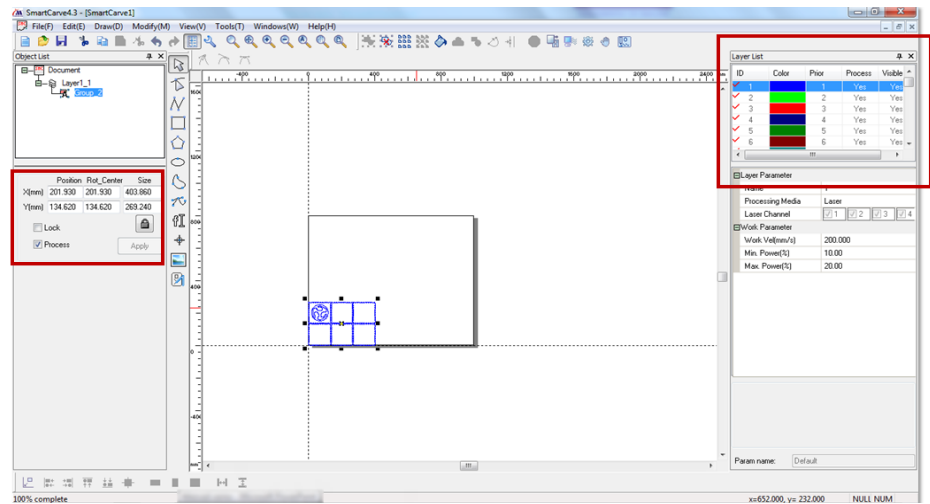
Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Como esse *software* não é específico para a modelagem 2D, o ideal é fazer o mínimo de edições possíveis dentro desse programa. Use outras ferramentas de modelagem 2D, como o Inkscape, por exemplo.

No menu à esquerda, Figura 107, tem-se as configurações de medidas reais que a peça/parte que será cortada terá. Para aumentar ou diminuir proporcionalmente as peças deve-se clicar no cadeado. No menu à direita tem-se as camadas, cada ação diferente que a máquina fará precisa estar em uma camada separada. Por exemplo, gravar um texto pode estar na primeira camada, cortes internos na segunda camada e corte externo na terceira camada.

SUMÁRIO

Figura 107 - SmartCarve4.3 - Configurações das Peças e Camadas.



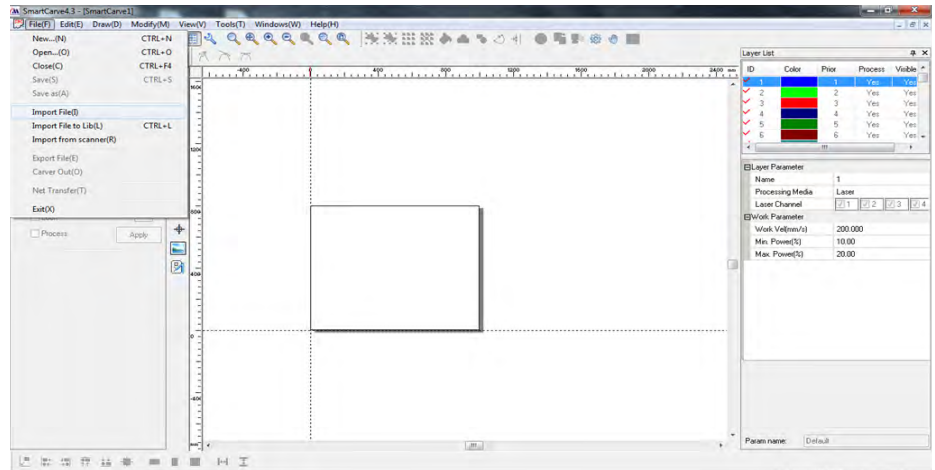
Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

As configurações relativas ao material e a sua espessura são informados na caixa “Layer Parameter” e “Work Parameter” (Figura 107).

COMO CORTAR E GRAVAR?

A primeira etapa para cortar e/ou gravar consiste em abrir o modelo 2D que está em um arquivo, cuja extensão é, preferencialmente, .PLT para o SmartCarve. No software SmartCarve é necessário acessar o menu “File -> Import File” e informar a localização do arquivo que contém o modelo que será impresso (Figura 108).

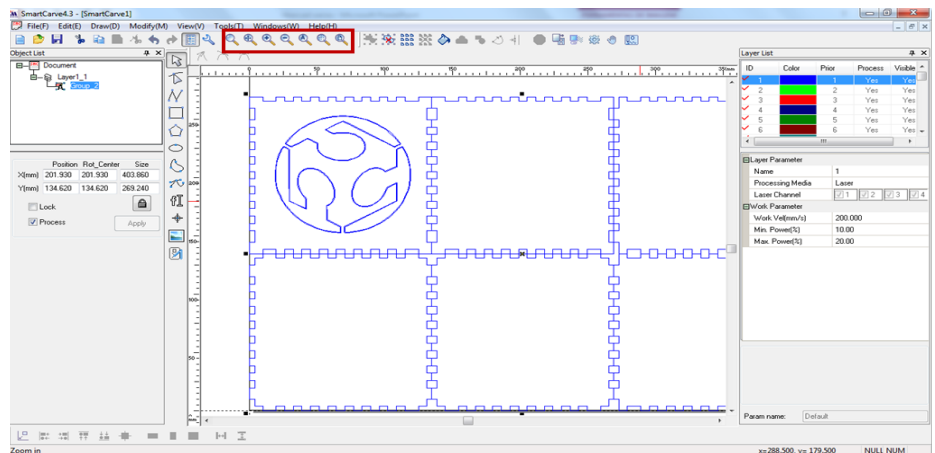
Figura 108 - SmartCarve4.3 - Abrindo o Arquivo do Modelo 2D.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Geralmente, a imagem estará com as medidas que foram definidas no Inkscape (ou em outro *software* CAD), mas é muito importante conferi-las no menu à esquerda (Figura 109). Para uma melhor visualização da imagem, aumente o zoom com a opção de rolagem do mouse ou nos ícones de zoom nas opções da caixa de ferramentas (Figura 109).

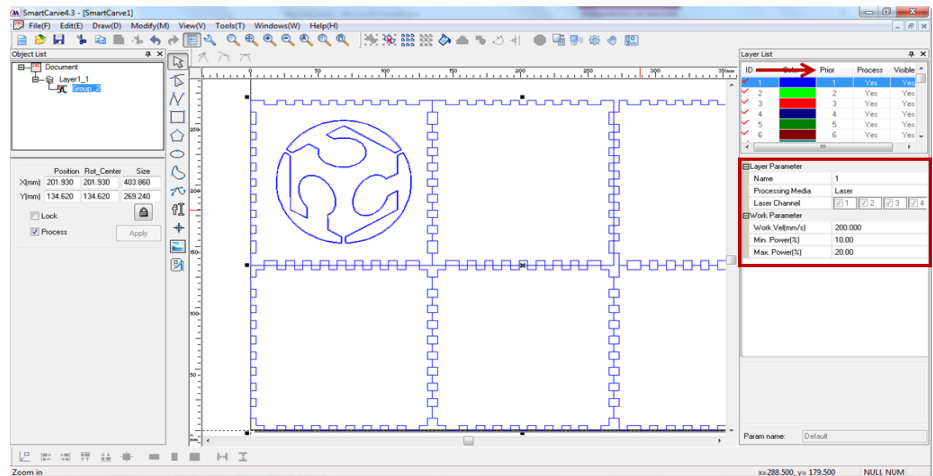
Figura 109 - SmartCarve4.3 - Configurando as Medidas e Usando o Zoom.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Conforme já mencionado, o SmartCarve4.3 trabalha com camadas. Cada comando executado pela máquina deve estar em uma camada específica. Usando a propriedade “Prior” da área “Layer” (Figura 110) é possível definir o que será realizado em primeiro lugar, basta clicar na linha da camada e substituir o número para alterar a ordem.

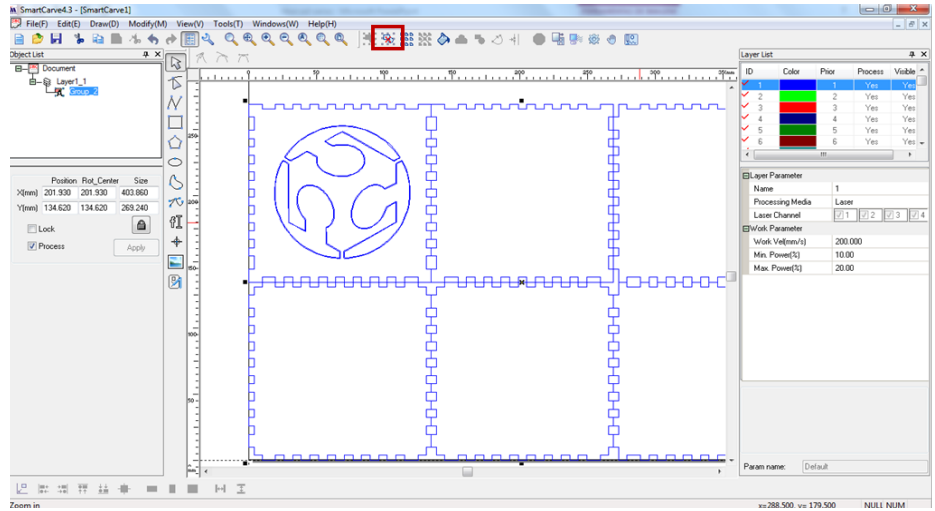
Figura 110 - SmartCarve4.3 - Definido a Ordem de cada Camada.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Para dividir a imagem em camadas diferentes, primeiro é necessário desagrupar os elementos. Para isso, é necessário selecionar o desenho e clicar no ícone em destaque na Figura 111.

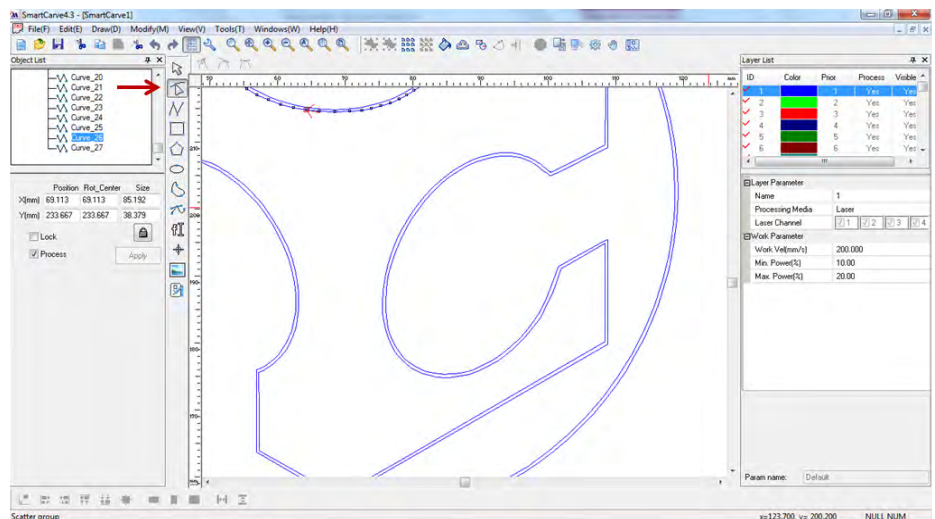
Figura 111 - SmartCarve4.3 - Desagrupando Elementos.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Com o desenho desagrupado, é possível selecionar os caminhos desejados com a ferramenta “editor de nós” (Figura 112). Para facilitar a manipulação dos caminhos e nós, o ideal é aumentar o zoom na ferramenta.

Figura 112 - SmartCarve4.3 - Selecionando Elementos da Camada.

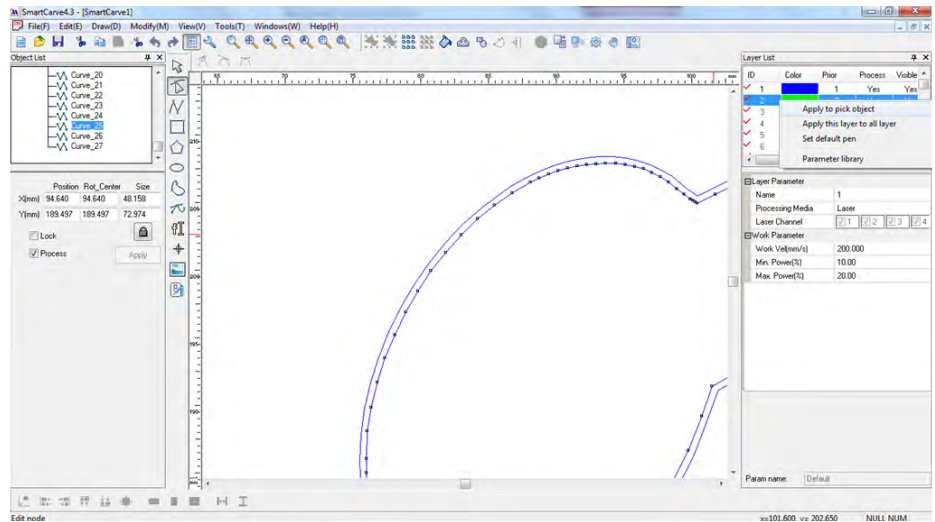


Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

SUMÁRIO

Na camada desejada, selecione “Apply to pick object” (Figura 113), para que todas as coisas selecionadas possam fazer parte dessa nova camada. Então os vetores dessa nova camada passarão a ser exibidos com uma nova cor.

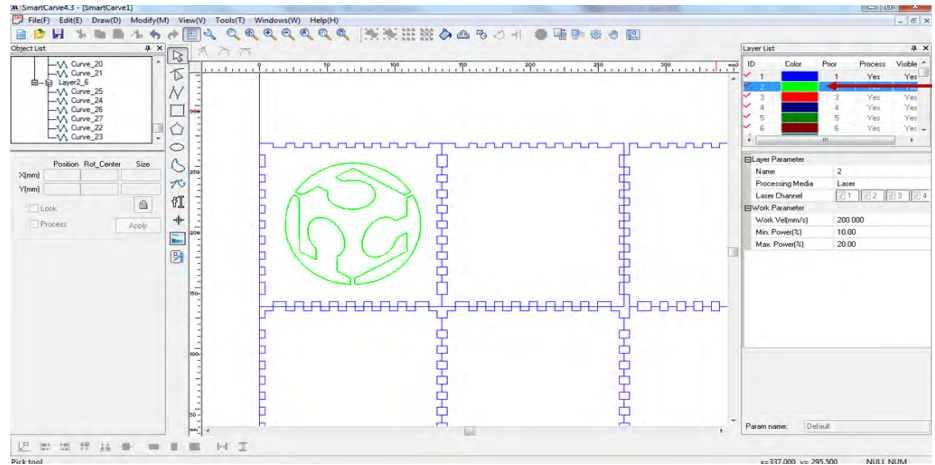
Figura 113 - SmartCarve4.3 - Selecionando Elementos da Camada.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Ao concluir a configuração dos caminhos e nós em uma determinada camada, eles ficarão com a cor da camada em que estão posicionados (Figura 114).

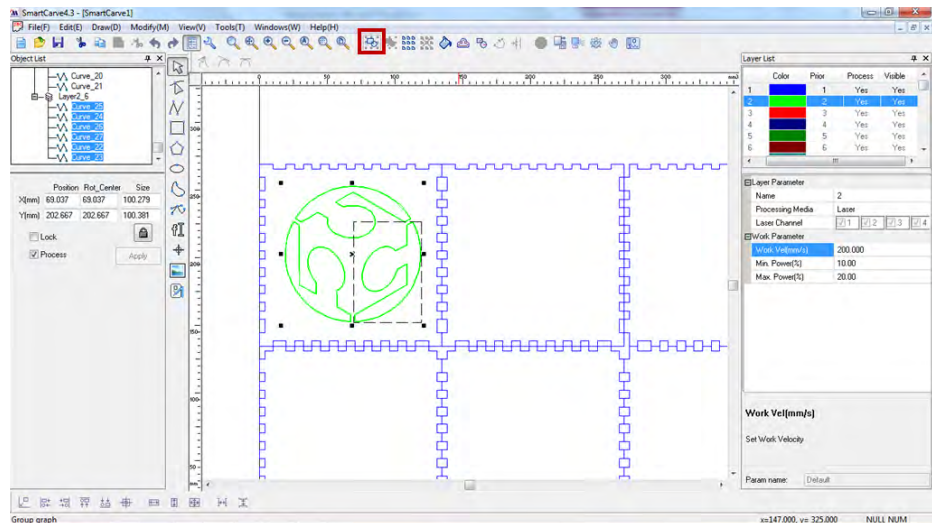
Figura 114 - SmartCarve4.3 - Selecionando Elementos da Camada.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Com a ferramenta seleção, é necessário selecionar todas as partes do objeto que estão na mesma camada e agrupá-las novamente (usando o ícone agrupar no menu superior - Figura 115), isso fará com que a execução do corte seja melhor.

Figura 115 - SmartCarve4.3 - Agrupando Elementos em Camada.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

SUMÁRIO

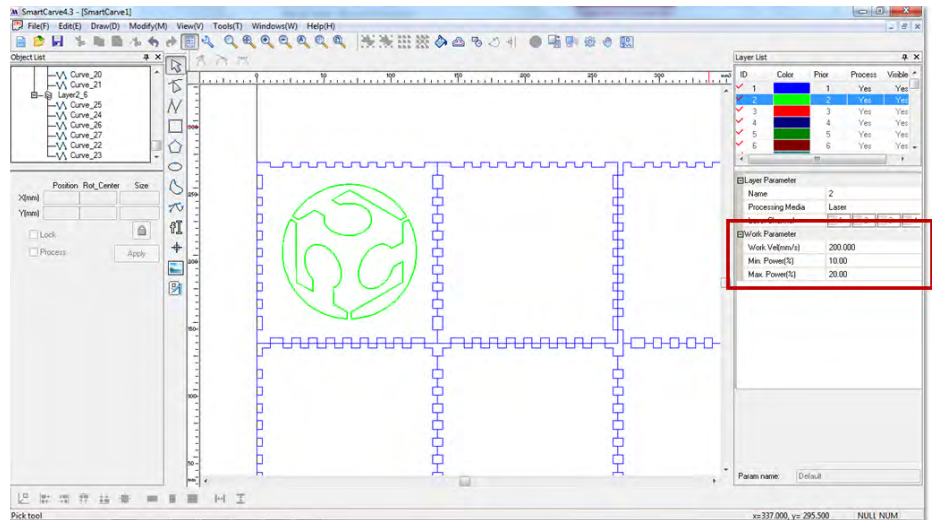
Após, os parâmetros de cada camada devem ser configurados em “Work parameter” (Figura 116), eles são usados para determinar se será realizado um corte ou uma gravação; esses parâmetros mudarão conforme o material e espessura.

Os parâmetros são:

- velocidade de operação (*work vel* mm/s): quando mais lenta a operação, maior será a energia do laser durante o trajeto. A diferença entre um corte e uma gravação pode ser controlada por este parâmetro, da mesma forma que a energia necessária para cortar materiais mais ou menos espessos.
- potência inicial (*min power*): é o percentual de energia a ser utilizado da potência máxima do laser no início e no fim do trajeto. Da mesma forma que a velocidade, quanto maior a potência, maior será a energia sobre o material. A potência inicial é o valor da potência a ser utilizada entre o estado de repouso do braço da máquina (velocidade = 0) e o tempo que leva para atingir a velocidade programada. Este parâmetro é importante para que seja mantida a consistência de energia do laser durante todo o trajeto. Ao cortar uma linha reta, por exemplo, teremos uma velocidade menor nas extremidades da reta (braço saindo ou entrando em repouso) em comparação com o meio da reta (braço na velocidade máxima). Uma boa maneira de identificar se estamos usando parâmetros adequados é analisar os pontos inicial e final de operação em comparação com o restante do caminho. Se estiverem mais chamuscados, devemos diminuir a potência inicial e, se estiverem mais fracos, aumentá-la.
- potência em velocidade máxima (*max power*): é o percentual de energia a ser utilizado quando o braço estiver na velocidade máxima configurada (*work vel*).

SUMÁRIO

Figura 116 - SmartCarve4.3 - Configurando os Parâmetros de Trabalho.

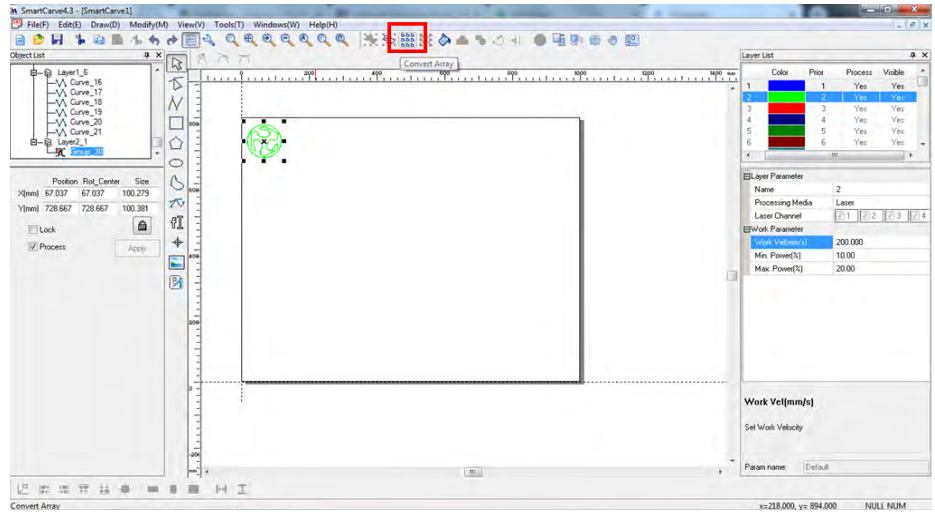


Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

REPLICANDO OBJETOS NA ÁREA DE CORTE

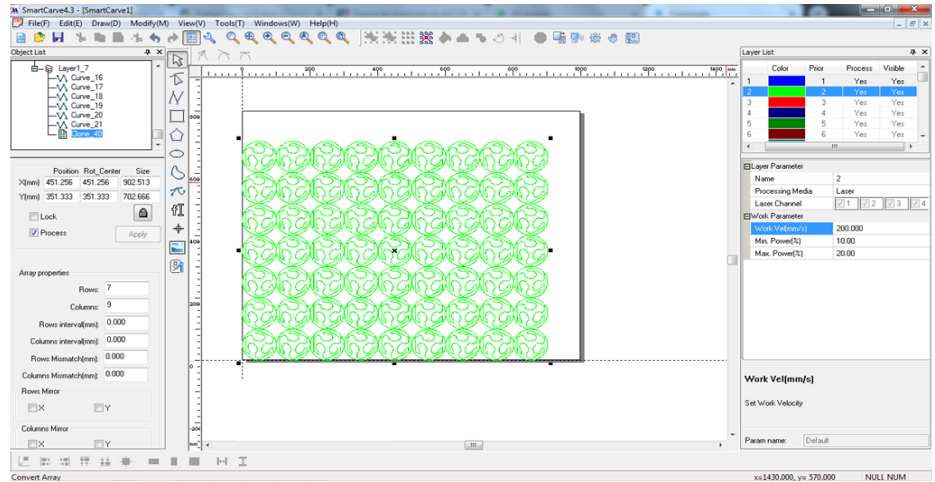
Para preencher toda a área de corte com a mesma imagem é necessário selecionar o desenho e clicar em “Convert Array” (em destaque na Figura 117), isso fará cópias do objeto até preencher toda a área de corte de modo a aproveitar o máximo de espaço (Figura 118).

Figura 117 - SmartCarve4.3 - Selecionando Objeto para Replicar.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Figura 118 - SmartCarve4.3 - Distribuição da Imagem após Convert Array.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

SUMÁRIO

Os valores a serem adotados dependem da potência do laser, do equipamento, da qualidade e da limpeza de espelhos e lentes, e do material a ser utilizado. Realize o máximo de testes possíveis e converse com alguém que já tenha usado o equipamento para configurá-lo. Use sempre equipamentos de proteção individual.



SUMÁRIO

9

Rosana Nitsch Pinheiro
Fabio Y. Okuyama
André Peres

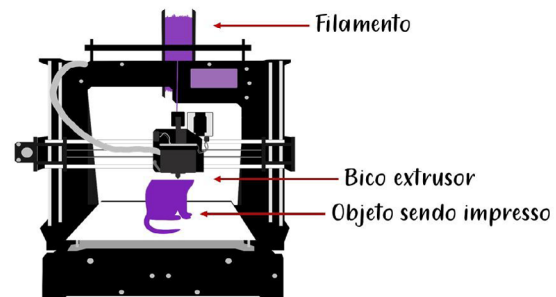
IMPRESSORA 3D

A Impressora 3D trabalha com arquivos tridimensionais modelados digitalmente, representando esses objetos digitais em objetos físicos. Existem diversos tipos de impressoras 3D, que operam de diferentes formas e fazem uso de materiais diversos como matéria prima. Para este livro, consideramos o tipo de impressora 3D mais popular atualmente, ou seja, impressoras FDM (*Fused Deposition Modeling*).

COMO USAR A IMPRESSORA 3D?

Para imprimir uma peça ou objeto em 3D, a máquina mais utilizada é a impressora 3D. Basicamente, ele derrete um filamento (que pode ser de diferentes materiais termoplásticos), e o deposita, através de um bico extrusor, em diversas camadas sobrepostas (Figura 119), que resultam em um objeto 3D.

Figura 119 - Representação Esquemática de uma Impressora 3D.



*O modelo da impressora pode variar.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Dica!!

Para uso correto da Impressora 3D observe as seguintes dicas:

- Não toque na impressão enquanto a máquina estiver em funcionamento. O filamento é um material derretido, portanto ele está extremamente quente.
- Não bata na mesa, nem na impressora enquanto ela estiver funcionando. Um balanço poderá desestabilizar a peça e a impressão sairá errada.
- Quando a peça terminar de ser impressa ela estará quente, cuidado para não se queimar.
- Descole a peça da base/fita com ajuda de uma espátula.

Os filamentos mais comuns são feitos de ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno - *Acrylonitrile Butadiene Styrene*, em inglês) e PLA (Ácido Polilático - *Polyactic Acid*, em inglês).

Ao utilizar filamento de PLA, antes de iniciar a impressão, é fundamental colocar sob a base de impressão da impressora 3D uma fita de adesão, sem sobrepor camadas. Na verdade, o ideal é que exista uma pequena folga entre os pedaços da fita do que a sobreposição, pois se a fita ficar sobreposta, algumas partes ficarão desniveladas, e a modelagem ficará com a base torta. Recomenda-se que os pedaços de fita sejam posicionados o mais próximo possível uns dos outros, como ilustra a Figura 120.

Figura 120 - Posicionando a Fita em uma Impressora 3D.



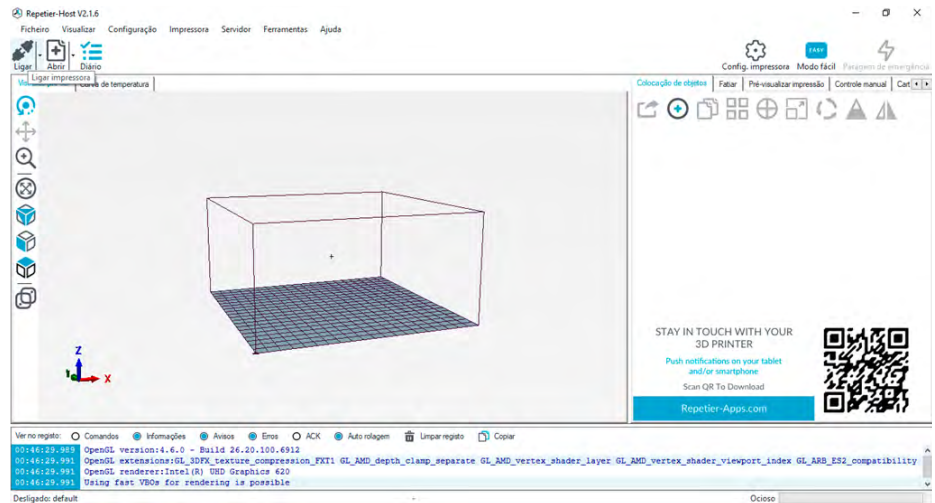
Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Para filamento ABS, ao invés de fita, aconselha-se a utilização de soluções químicas adesivas específicas (spray de cabelo/laquê funciona muito bem) para a fixação da peça na base.

CONFIGURANDO A IMPRESSÃO

Existem diversos *softwares* que podem ser usados para realizar a impressão 3D, no caso deste livro foi selecionada a ferramenta Repetier-Host⁴², que é um dos programas mais usados para a impressão 3D. A Figura 121 ilustra a tela principal dessa ferramenta. Ao abrir Repetier-Host, a primeira coisa que deve ser feita é clicar na opção ligar no canto superior esquerdo (Figura 121), visto que isso estabelece a conexão entre o Repetier-Host e a impressora 3D.

Figura 121 - Repetier-Host - Tela Principal.



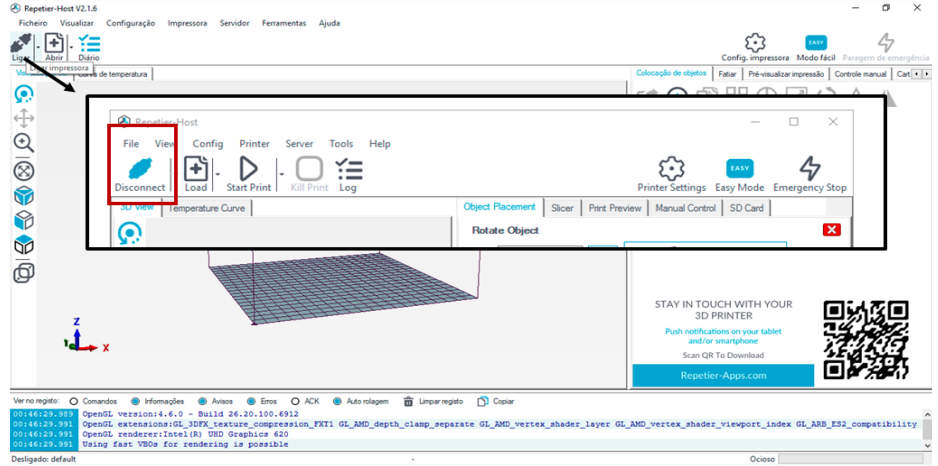
Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Clicando no ícone para ligar ele mudará de cor, como ilustra a Figura 122⁴³.

42 Disponível em: <https://www.repetier.com/>.

43 Caso a conexão não ocorra, é necessário verificar os parâmetros de configuração da impressora e conexão via cabo USB.

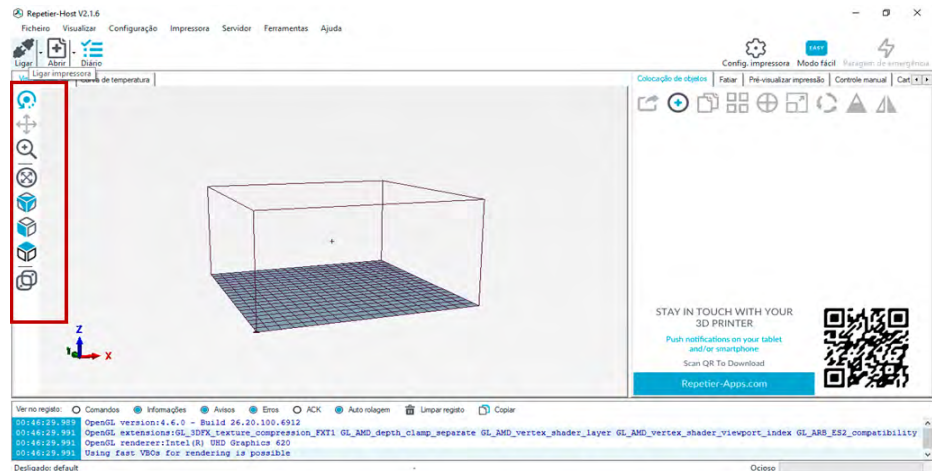
Figura 122 - Repetier-Host - Ícone Ligar.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

O Repetier-Host possui três áreas principais (Figura 123): (i) o menu à esquerda usado para a visualização e alterações no plano de trabalho; (ii) o plano de trabalho, que está disposto na área central no formato de uma caixa; e (iii) as abas à direita que disponibilizam as configurações de impressão.

Figura 123 - Repetier-Host - Tela Principal.



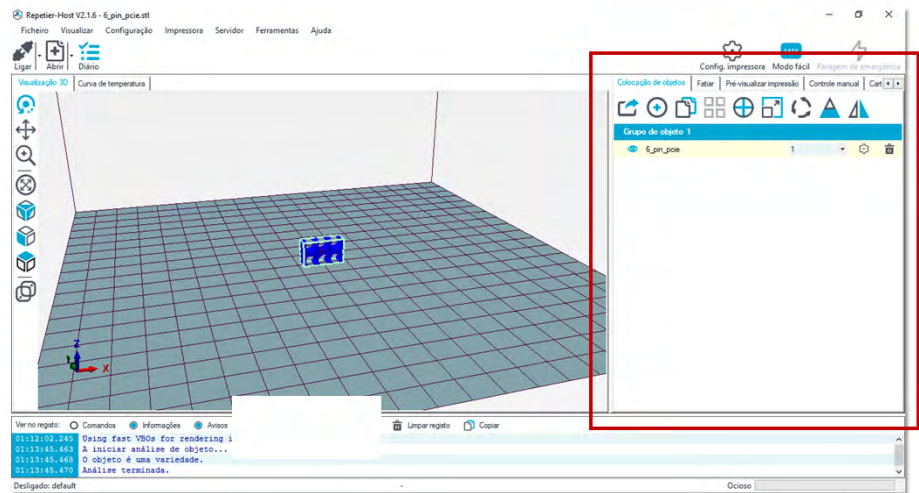
Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

SUMÁRIO

Para abrir um arquivo, deve-se clicar no botão “Abrir” ou no menu “Ficheiro -> Abrir”. Então, será exibida uma tela onde é necessário informar a localização do arquivo no sistema de arquivos do computador.

O modelo 3D será aberto na área central do plano (Figura 124), sendo que este plano pode ser movimentado ao clicar, segurar e arrastar o mouse. Além disso, é possível aumentar/diminuir as dimensões do modelo usando o zoom na tecla de rolagem do mouse.

Figura 124 - Repetier-Host - Exibindo Modelo no Plano.



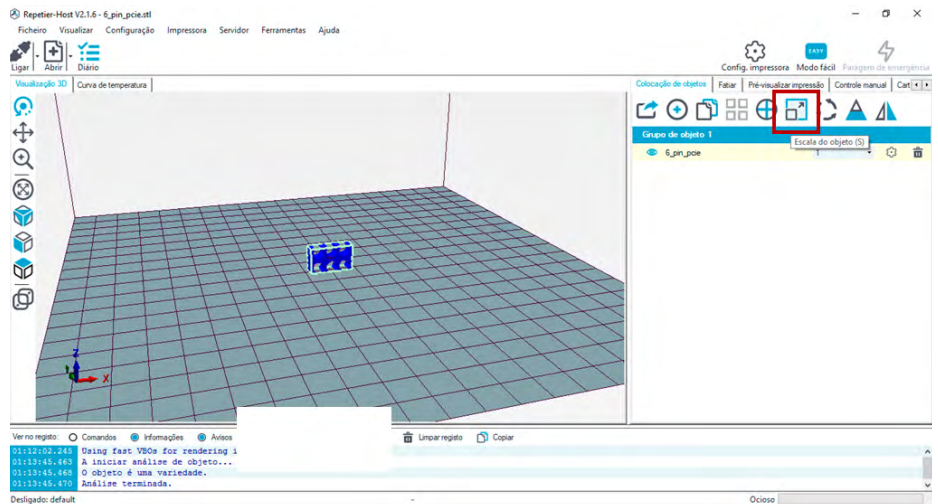
Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Todas as configurações referentes à peça e à impressão devem ser realizadas nas abas posicionadas do lado direito da tela (Figura 124). A primeira aba “colocação de objeto” se refere ao posicionamento do objeto (arquivo/modelagem) no plano de trabalho. A partir da segunda aba (fatiar, pré-visualizar impressão...), os menus tratam da configuração da impressora.

CONFIGURANDO O OBJETO

Conforme mencionado na seção anterior, o modelo é aberto na área central da ferramenta, ou o plano. Para alterar o tamanho do objeto deve-se clicar no ícone “escala do objeto” (em destaque na Figura 125).

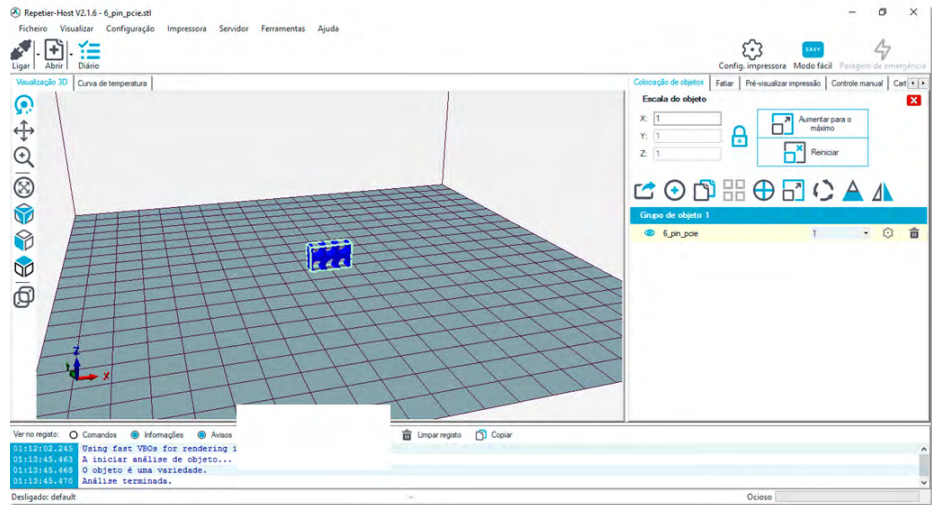
Figura 125 - Repetier-Host - Ícone Escala do Objeto.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Clicando no ícone, abre-se uma janela com algumas opções de configuração, e é possível realizar o controle de escala do objeto e, com o cadeado fechado, a proporção da imagem será mantida (Figura 126). É importante lembrar que o plano possui o tamanho da área de impressão (neste exemplo o tamanho é 15cmx15cmx15cm), e que esse tamanho pode variar dependendo do modelo da impressora usado.

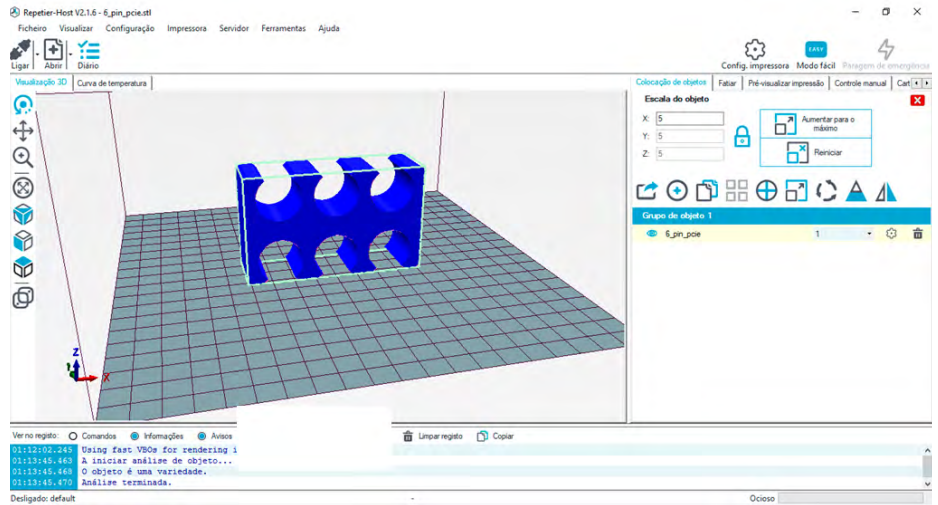
Figura 126 - Repetier-Host - Configurando o Objeto.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

A Figura 127 ilustra o modelo resultante da ampliação da imagem cinco vezes em cada um dos eixos que a compõem: X, Y e Z. Esse comando é necessário quando o objeto a ser impresso precisa ser maior que o objeto modelado.

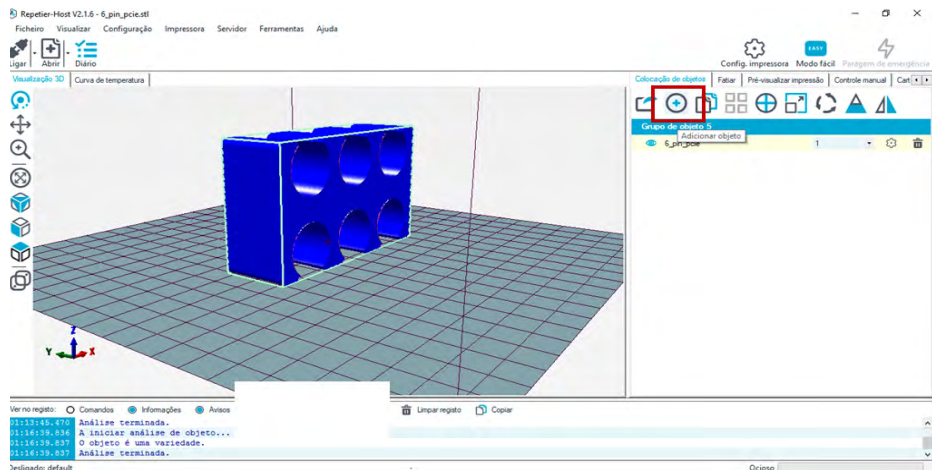
Figura 127 - Repetier-Host - Ampliando Objeto.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Para adicionar um outro objeto ao plano, é necessário clicar no ícone “Adicionar objeto”. Então, deve-se escolher o arquivo no computador e clicar no botão “Abrir” (Figura 128).

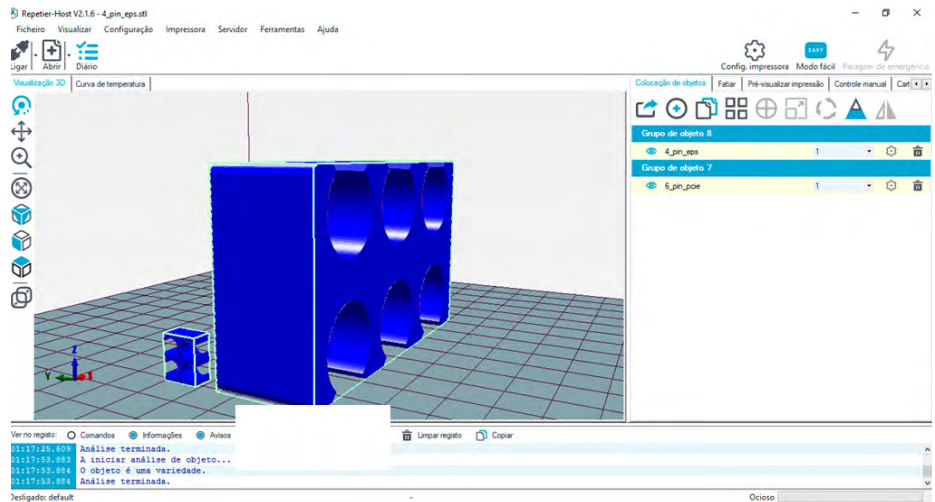
Figura 128 - Repetier-Host - Ícone Adicionar Objeto.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

O novo objeto será inserido no plano junto com o objeto anterior que havia sido ampliado. Para editar cada um dos objetos, é necessário clicar sobre ele no plano ou na lista que aparece do menu do lado direito da tela (Figura 129).

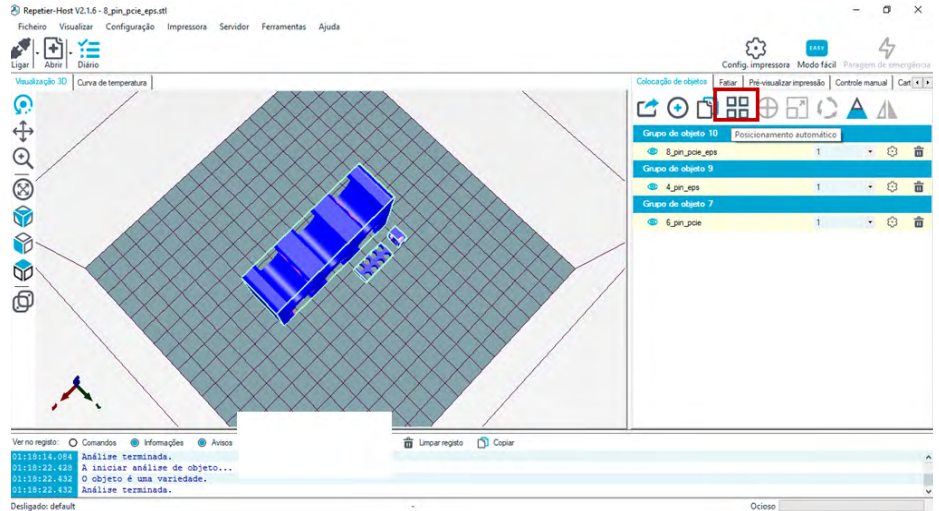
Figura 129 - Repetier-Host - Objetos no Plano.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Para organizar os objetos no plano deve-se clicar no ícone “Posicionamento automático” e ele organizará todos os objetos no plano de modo que não ocorra nenhuma sobreposição (Figura 130).

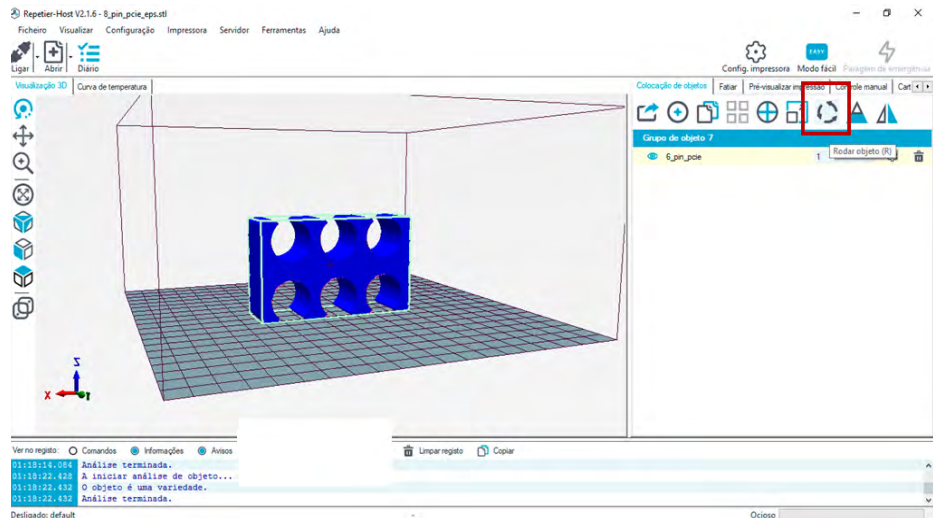
Figura 130 - Repetier-Host - Ícone Posicionamento automático.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Os objetos ainda podem ser centralizados (ícone ao lado do centralizar à direita) e rotacionados no plano. Para rotacionar o objeto no plano deve-se clicar no ícone “Rodar objeto” em destaque na Figura 131.

Figura 131 - Repetier-Host - Ícone Rodar Objeto.

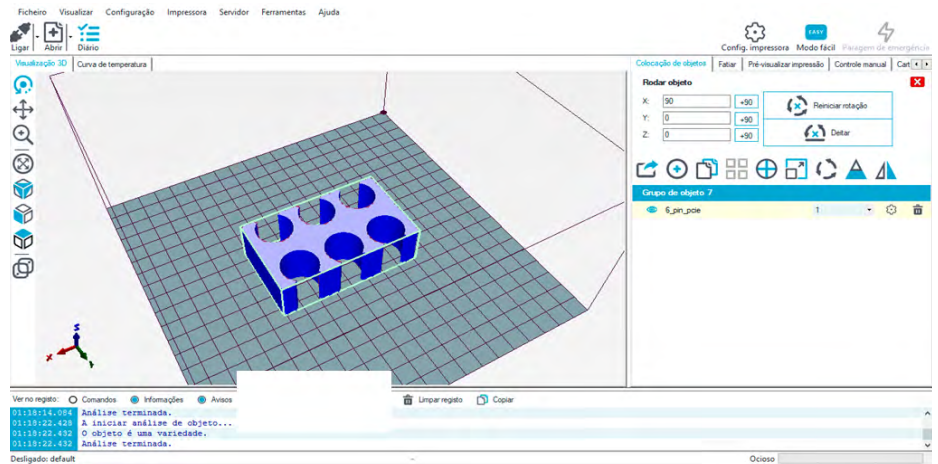


Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

SUMÁRIO

Ao seleccionar a opção de rotação, algumas opções serão disponibilizadas (Figura 132): rotacionar usando os graus de rotação nos eixos correspondentes. É fundamental lembrar que: o eixo X é o eixo horizontal, o eixo Z é o vertical e o eixo Y corresponde à profundidade do objeto no plano.

Figura 132 - Repetier-Host - Rotacionando Objeto.

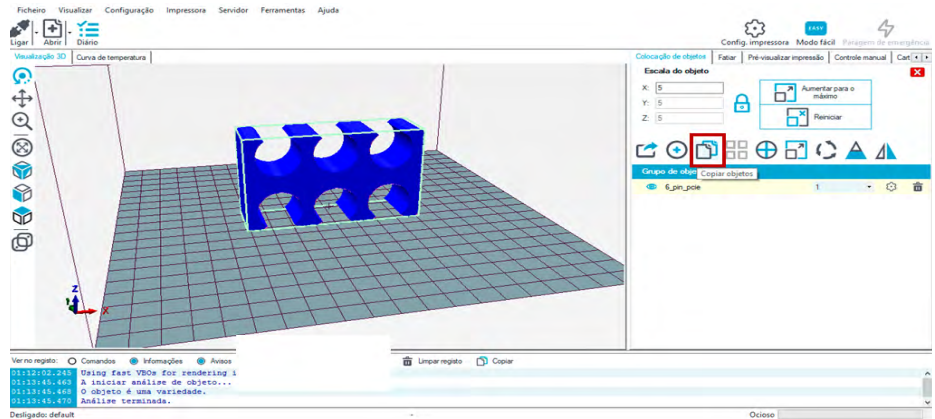


Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

REPLICANDO OBJETOS NO PLANO

Para replicar e imprimir o mesmo objeto mais de uma vez, deve-se clicar no ícone “Copiar objetos”, em destaque na Figura 133.

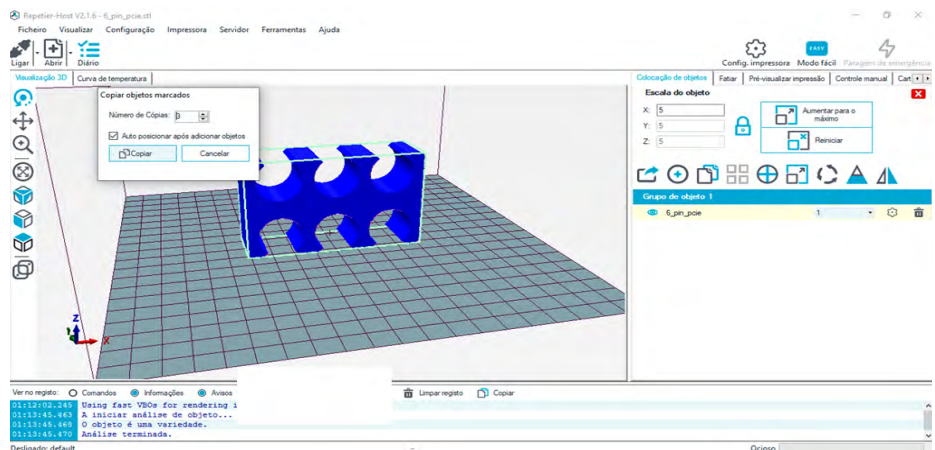
Figura 133 - Repetier-Host - Ícone Copiar Objetos.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Ao clicar no ícone “Copiar objetos”, abre-se uma janela em que é necessário informar o número de cópias do mesmo objeto que se deseja incluir no plano. Nesta tela (Figura 134), é importante deixar marcada a opção “Auto posicionar”, pois, com isso, os objetos copiados ficam organizados automaticamente no plano.

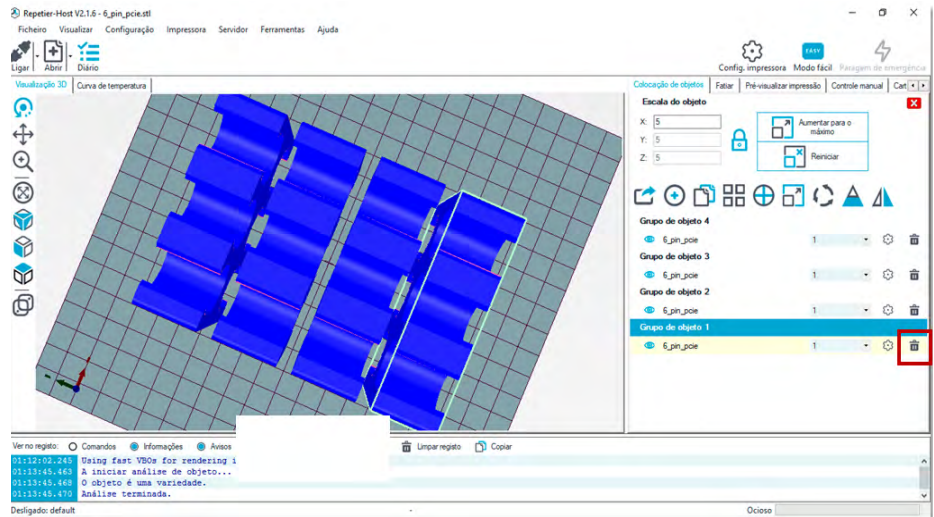
Figura 134 - Repetier-Host - Definindo Número de Objetos para Copiar.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Conforme o número de cópias definido (Figura 134), foram adicionados ao plano mais 3 objetos. Para modificar um objeto específico, é possível clicar nele ou selecioná-lo na lista de objetos que aparecerá do lado direito. Para excluir um objeto desta lista basta clicar no ícone da lixeira da linha correspondente ao objeto desejado (Figura 135).

Figura 135 - Repetier-Host - Objetos Copiados Organizados no Plano.

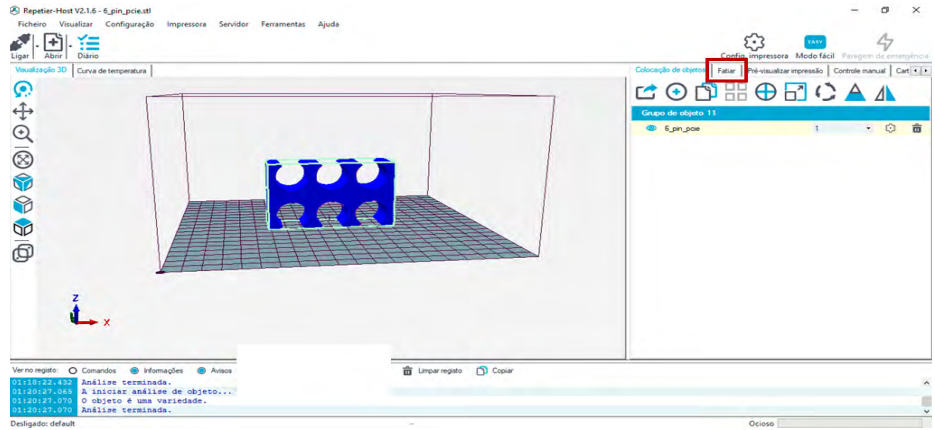


Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

COMO IMPRIMIR OS OBJETOS?

Para imprimir o objeto já deve estar no plano de trabalho. Então, após posicioná-lo deve-se clicar na aba "Fatiar" (Figura 136).

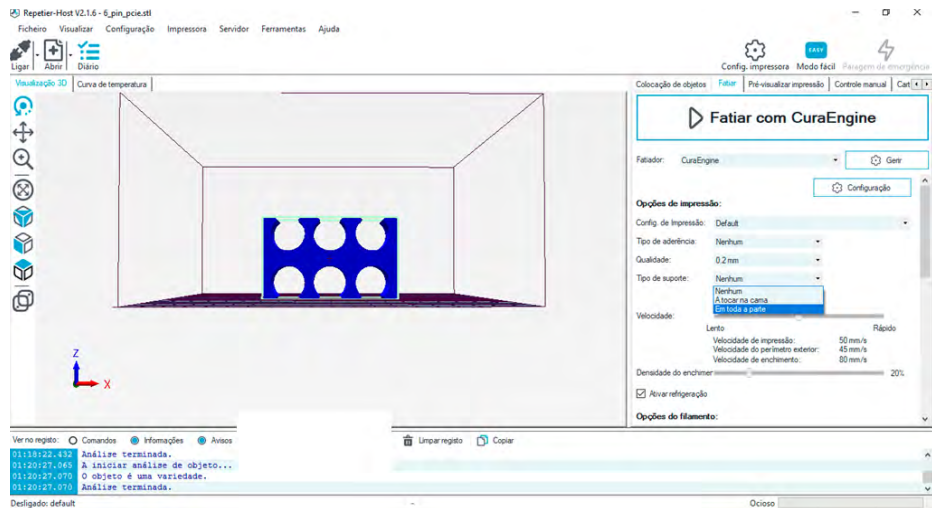
Figura 136 - Repetier-Host - Fatiando o Objeto.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

A impressão 3D se dá através da sobreposição de camadas de plástico derretido. Então, caso a peça possua partes em um ângulo que requeira uma sustentação externa, é necessário que se coloque uma estrutura nos espaços abertos do objeto para que as camadas não caiam enquanto estiverem quentes e as novas camadas estiverem sendo depositadas. Para isso é necessário clicar em “Tipo de suporte” e escolher a opção mais adequada para a peça, porque isso garante que a peça terá a sustentação necessária (Figura 137).

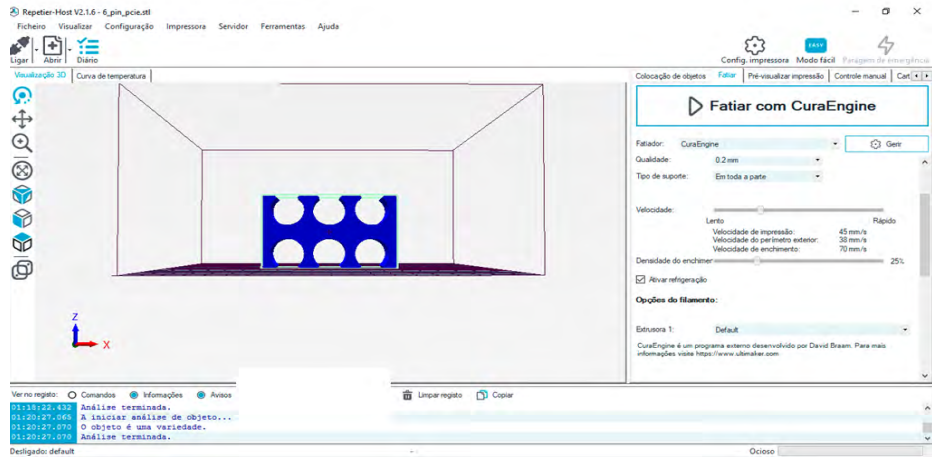
Figura 137 - Repetier-Host - Definindo Tipo de Suporte para a Impressão.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

O programa dará uma estimativa de velocidade (Figura 138), é importante observar que isso muda de acordo com o objeto. Deve-se escolher uma velocidade mais lenta para uma impressão mais precisa, uma rápida para itens cuja qualidade não é tão importante, ou são objetos de teste.

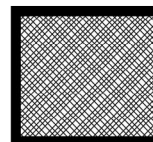
Figura 138 - Repetier-Host - Estimativa de Velocidade de Impressão.



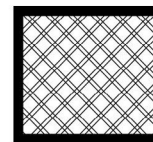
Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

A densidade do preenchimento também varia de acordo com o objetivo da impressão, para objetos mais resistentes é necessário escolher uma densidade maior. Deve-se observar que, quanto maior a densidade, mais tempo demandará a impressão e mais filamento será utilizado para fabricar o objeto (Figura 139). A quantidade de preenchimento das peças depende do objetivo final de uso delas.

Figura 139 - Preenchimento de Objetos 3D.



Mais preenchimento

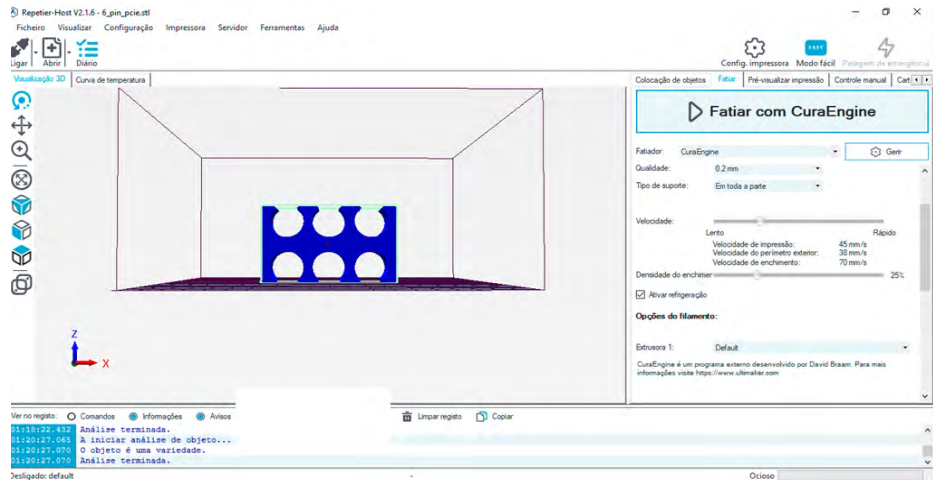


Menos preenchimento

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Após essas definições de impressão, é necessário clicar em "Fatiar com CuraEngine" (Figura 140).

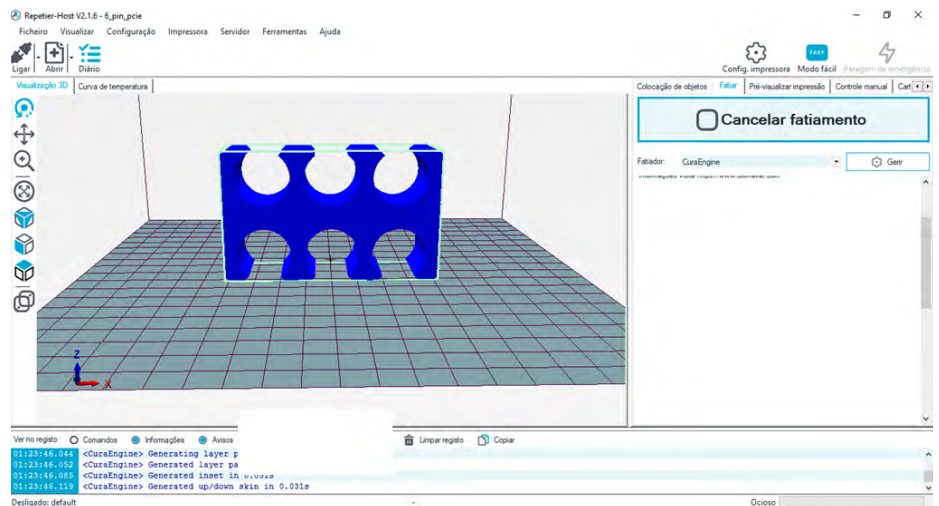
Figura 140 - Repetier-Host - Tela Principal.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

O programa levará um tempo processando o fatiamento, isso poderá ser cancelado a qualquer momento clicando em “Cancelar fatiamento” (Figura 141).

Figura 141 - Repetier-Host - Tela Principal.

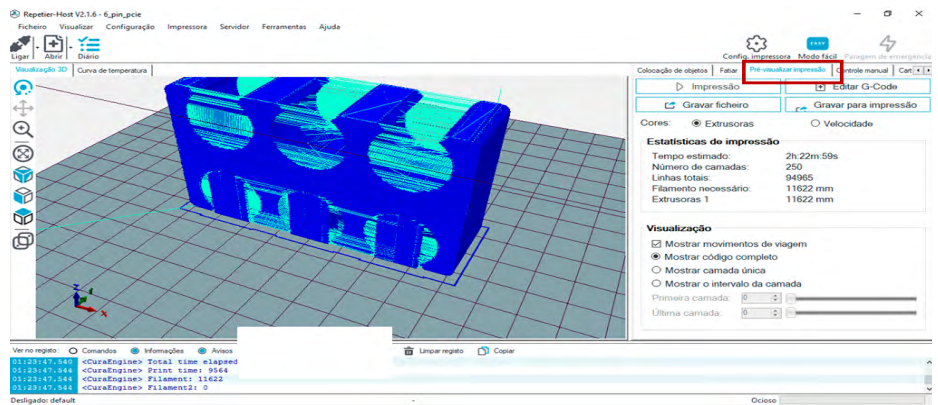


Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

SUMÁRIO

Ao clicar na aba “Pré-visualizar impressão” é possível ver as camadas que compõem o objeto. Na Figura 142, pode-se ver em azul claro o suporte, nas aberturas inferiores é possível visualizar que foram adicionados quadrados, eles também servem como suportes, dando sustentação para as camadas superiores. Depois de impresso, os suportes poderão ser facilmente destacados do objeto final que foi fabricado.

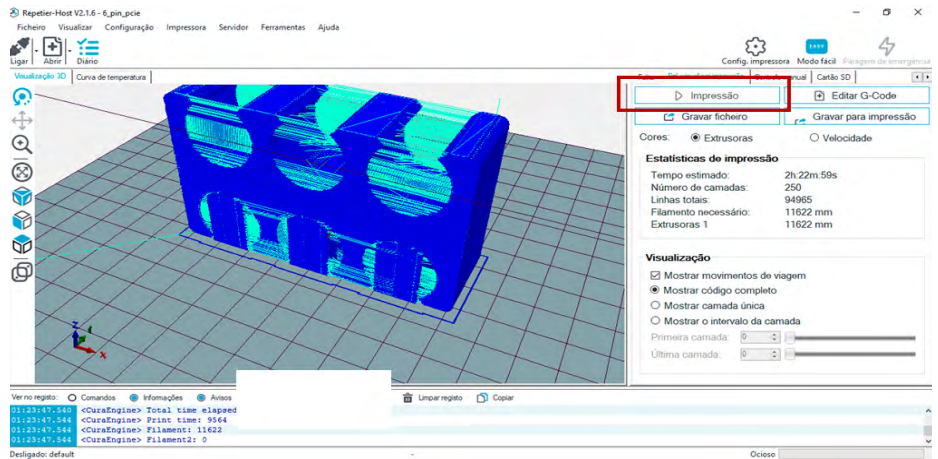
Figura 142 - Repetier-Host - Tela Principal.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Por fim, deve-se clicar na aba “Impressão” para que a impressora inicie o trabalho (Figura 143). É importante observar o início da impressão, pois é nesse ponto que ocorrem os maiores erros das impressões 3D.

Figura 143 - Repetier-Host - Tela Principal.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

É importante salientar que este capítulo aborda as configurações iniciais mais comuns na impressão 3D. Existem muitos parâmetros que não abordamos e que, conforme a peça a ser impressa, tornam-se importantes para a sua qualidade final. De qualquer forma, sugerimos que o leitor comece a utilizar estas configurações mais comuns e faça a maior quantidade de testes possível.

CONVITE A IMAGINAR

André Peres

Fabio Y. Okuyama

Silvia de Castro Bertagnolli

A ideia de uma educação baseada na análise crítica e na experimentação sempre acompanhou os modelos educacionais. A tríade proposta por Johann Heinrich Pestalozzi de uma aprendizagem feita pela união das mãos, coração e mente, serviu como inspiração para Friedrich Froebel inventar o jardim da infância. Vemos no jardim de infância crianças aprendendo através de projetos de seu interesse, de forma colaborativa e com liberdade de errar e experimentar. As tecnologias que utilizam são simples, porém eficientes: massa de modelar, giz de cera, tinta, elementos da natureza, e outros. Ao sair do jardim de infância, no entanto, perdem a liberdade de experimentar e abandonam as atividades das mãos e do coração, sobrando apenas a mente. Deixam de aprender e passam a ser ensinadas.

O Movimento *maker* e a fabricação digital alinhados à criação de experiências de aprendizagem buscam explorar tecnologias que sirvam como ferramentas para a aprendizagem no ensino básico e superior, da mesma forma que a massinha de modelar serve para o jardim da infância. Essa busca por tecnologias adequadas para a experimentação e valorização das mãos e coração, serve como base para os trabalhos de Seymour Papert e Mitchel Resnick em suas pesquisas.

Neste livro buscamos apresentar de maneira prática os conceitos envolvidos na Fabricação Digital em Espaços Criativos Educacionais. A aprendizagem criativa tem grande potencial para proporcionar experiências ricas de aprendizagem para os diferentes níveis de ensino. A busca por promover estas experiências visando uma educação

SUMÁRIO

emancipadora para nossos alunos é um trabalho contínuo de imaginar, criar, brincar, compartilhar, refletir e imaginar novamente.

Como a construção do conhecimento deve ter como foco a experiência do aluno, não é possível o uso de receitas prontas que poderiam transformar o Movimento *maker* e a fabricação digital em instrumentos cujo propósito seja apenas a transmissão de informações prontas, predefinidas e engessadas. Na escola, a sala *maker* (ou espaço criativo) não pode ser apenas uma sala com uma impressora 3D e alguns equipamentos, mas um lugar de experimentação e de construção do conhecimento.

A partir dos conceitos apresentados nesta obra, esperamos contribuir para que educadores possam constituir espaços criativos educacionais que façam uso das tecnologias de fabricação digital. Essas tecnologias têm grande potencial para proporcionar a inovação em sala de aula. Todavia, estas devem estar acompanhadas de um planejamento que tenha o aluno e a aprendizagem como elemento central, ao invés de uma abordagem tecnocêntrica.

Este livro compila material produzido em diferentes pesquisas realizadas no âmbito do Mestrado Profissional em Informática na Educação MPIE/IFRS, e que foram aplicadas com docentes e discentes. Finalmente, convidamos todos a imaginar as múltiplas possibilidades para melhorar a qualidade da educação.

Para mais informações sobre os assuntos tratados neste livro, aconselhamos principalmente o estudo dos livros: “Sobre a abordagem pedagógica da Aprendizagem Criativa”: Resnick (2020), “Sobre o movimento *maker* na educação”: Martinez (2013) e “Sobre a rede *Fab Lab* e o potencial da fabricação digital”: Gershenfeld (2017).

SUMÁRIO

Visite a página deste livro no site:



<http://mpie.poa.ifrs.edu.br/livros/fabricacaodigital>

SUMÁRIO

REFERÊNCIAS

ADALBERTO, E. M. A. *Movimento Makers e a Aprendizagem Criativa no ensino da matemática no fundamental*. Encontro Nacional de Educação Matemática, 12. Anais... São Paulo: Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Cruzeiro do Sul, 2016.

ALENCAR, E. M. L. S. DE; FLEITH, D. D. S. *Contribuições teóricas recentes ao estudo da criatividade*. Psicologia: Teoria e Pesquisa, Brasília, v. 19, n. 1, p. 1–8, 2003. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-37722003000100002&script=sci_arttext&lng=pt. Acesso em: 20 ago. 2020.

ALVARADO, R. G.; *et.al. Emociones precisas: fabricación digital en la enseñanza de la arquitectura*. Arqitetura revista, v. 5, n. 2, p. 122-36, jul.-dez. 2009. Disponível em: <http://revistas.unisinis.br/index.php/arquitetura/articulo/view/4810/2071>. Acesso em: 10 nov. 2020.

ANDERSON, C. *Makers: a nova revolução industrial*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

BACICH, L.; MORAN, J. *Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma Abordagem teórico-prática*. Porto Alegre: Penso, 2018.

BLIKSTEIN, P. *Viagens em tróia com Freire: a tecnologia como um agente de emancipação*. Educação e Pesquisa, v. 42, n. 3, p. 837-856, 2016.

BLIKSTEIN, P.; KRANNICH, D. *The makers' movement and FabLabs in education: experiences, technologies, and research*. In: International Conference on Interaction Design and Children, 12., 2013, Nova Iorque. Proceedings... Nova Iorque: Acm, 2013. p. 613 - 616. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/2485760.2485884>. Acesso em: 20 mar. 2021.

BROCKVELD, M. V. V.; SILVA, M. R. DA; TEIXEIRA, C. S. A. *Cultura Maker em Prol da Inovação nos Sistemas Educacionais*. In: TEIXEIRA, C. S.; SOUZA, M. V. DE (Orgs.). *Educação Fora da Caixa: tendências internacionais e perspectivas sobre a inovação na educação*. São Paulo: Blucher, 2018. v. 4, p. 55–66.

CABEZA, E.U.R.; MOURA, M. *O DIY vive!* VIRUS, São Carlos, n. 10, 2015. [online] Disponível em: http://www.nomads.usp.br/virus/virus10/secs/submitted/virus_10_submitted_8_pt.pdf. Acesso em: 07 out. 2020.

CAMPOS, P. F.; LOPES, E. *A fabricação Digital, aplicada à construção industrializada: Estado da Arte e perspectivas de desenvolvimento*. Concreto e

SUMÁRIO

Construção, v. 44, n. 85, p. 22-9, jan-mar. 2017. Disponível em: http://ibracon.org.br/site_revista/concreto_construcoes/pdfs/revista85.pdf. Acesso em: 17 mar. 2021.

CARVALHO, A. B. G.; BLEY, D. P. *Cultura Maker e o uso das tecnologias digitais na educação: construindo pontes entre as teorias e práticas no Brasil e na Alemanha*. Revista Tecnologias na Educação, v. 26, n. 10, p. 21–40, 2018.

DALL AGNOL, A. *Promovendo a inclusão de pessoas com deficiência no movimento maker: um curso mooc acessível para fabricação de tecnologia assistiva*. 2020. Curso MOOC/IFRS. Porto Alegre: 2020. Disponível em: <https://cta.ifrs.edu.br/promovendo-a-inclusao-de-pessoas-com-deficiencia-no-movimento-maker/>. Acesso em: 18 out. 2020.

DELORS, J. *et al. Educação Um Tesouro a Descobrir - Relatório para a UNESCO da Comissão Internacional sobre Educação para o Século XXI*. UNESCO Digital Library Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pt0000109590_por. Acesso em: 18 ago. 2021.

DOUGHERTY, D. *The Making of Make. Make: technology on your time*. v. 1. Sebastopol: O'Reilly Media, 2005.

ENGRAVER SOLUTION PROVIDER. *Máquinas de CNC: operação e funcionalidades*. São Paulo: Engraver Soluton Povider, 2014. Disponível em: <https://engraver.com.br/maquinas-de-cnc-operacao-e-funcionalidades/>. Acesso em: 28 ago. 2018.

EYCHENNE, F.; NEVES, H. *Fab Lab: a vanguarda da nova revolução industrial*. São Paulo: Editorial Fab Lab Brasil, 2013.

FAB FOUNDATION. *Fab labs*. 2019. Disponível em: <https://fabfoundation.fablabbcn.org/index.php/fab-labs/index.html>. Acesso em: 10 ago. 2020.

GERSHENFELD, N. *Designing Reality: How to Survive and Thrive in the Third Digital Revolution*. Massachusetts: Basic Books, 2017.

GIRARDELLO, G. *Imaginação: arte e ciência na infância*. Pró-posições, v. 22, n. 2 (65), p. 75–92, 2011.

MARTÍNEZ, A. M. *Aprendizaje creativo: desafíos para la práctica pedagógica*. Revista CS, n. 11, p. 311–341, 2013.

MARTINEZ, S. L.; STAGER, G. *Invent to Learn: Making, Thinkering and Engineering in the Classroom*. Torrance: CMK Press, 2013. [e-book].

SUMÁRIO

MICHAELIS. *Dicionário brasileiro da língua portuguesa*. Disponível em: <https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/criatividade>. Acesso em: 8 jul. 2020.

MIZUKAMI, M. da G. N.. *Ensino: abordagens do processo*. São Paulo: EPU, 1986.

PAPERT, S. *A máquina das crianças: repensando a escola na era da informática*. Porto Alegre: Artmed, 2008.

PAPERT, S. *Logo: computadores e educação*. São Paulo: Brasiliense, 1985.

PAPERT, S. *Mindstorms: children, computers, and powerful ideas*. Nova York: Basic Books, 1980.

PERES, A. et al. *Redes Sociais e Fabricação Digital na Construção de Objetos para Apoio a Atividades Educacionais*. In: Congresso Brasileiro de Informática na Educação, 4., 2015, Alagoas. Anais. Alagoas: CBIE, 2015, p. 898-907. Disponível em: <https://www.br-ie.org/pub/index.php/wcbie/article/view/6136>. Acesso em: 02 abr. 2021.

POALAB. *Equipamentos*. Porto Alegre: IFRS, 2019. Disponível em: <https://www.poalab.net.br>. Acesso em: 03 jul. 2019.

POLASTRINI, F. H. *Desenvolvimento de uma máquina CNC de baixo custo*. 2016. 101 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica) - Instituto Federal Minas Gerais, Formiga, MG, 2016. Disponível em: https://www.formiga.ifmg.edu.br/documents/2017/PublicacoesTCCsBiblioteca/EE/TCC_FINAL_FERNANDOPOLASTRINI_2016_EE-.pdf. Acesso em: 08 mar. 2021.

RESNICK, M. *Introdução à Aprendizagem Criativa*. Produção de Lifelong Kindergarten Group e Learning Initiative. Apresentado por Mitchel Resnick. Massachusetts: MIT Media Lab, 2017. Vídeo online (5:01 min.). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?time_continue=112&v=zALGoSjlvAY&feature=emb_logo. Acesso em: 20 nov. 2019.

RESNICK, M. *Jardim de infância para a vida toda: por uma aprendizagem criativa, mão na massa e relevante para todos*. Porto Alegre: penso, 2020.

RESNICK, M. *Lifelong Kindergarten: Cultivating Creativity through Projects, Passion, Peers, and Play*. Massachusetts: MIT press, 2017. p. 1-13.

SAMAGAIA, R; DELIZOICOV NETO, D. *Educação científica informal no movimento no movimento "Maker"*. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS - ENPEC, 10, 2015, Águas de Lindóia. Anais [...]. Águas de Lindóia, SP: ABRAPPEC, 2015.

SUMÁRIO

TEIXEIRA, C. S.; SILVA, K. *Movimento maker: os labs e o contexto da educação*. In: TEIXEIRA, C. S.; SOUZA, M. V. de (Orgs.). *Educação fora da caixa: tendência para a educação no século XXI*. Florianópolis: Perse, 2017. V. 3. p. 11-30.

WRF. World Economic Forum. *Schools of the Future Defining New Models of Education for the Fourth Industrial Revolution*. Jan. 2020b. Disponível em: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Schools_of_the_Future_Report_2019.pdf. Acesso em: 14 abr. 2021.

WRF. World Economic Forum. *The Future of Jobs Report*. Oct. 2020a. Disponível em: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2020.pdf. Acesso em: 14 abr. 2021.



SUMÁRIO

SOBRE OS AUTORES E AS AUTORAS

André Peres

(Org.) é professor do IFRS - Campus Porto Alegre, com atuação no Mestrado Profissional em Informática na Educação. Bacharel em Informática pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS). Mestre e Doutor em Ciência da Computação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Silvia de Castro Bertagnoli

(Org.). Professora do IFRS - Campus Porto Alegre, com atuação no Mestrado Profissional em Informática na Educação (MPIE/IFRS). Bacharel em Informática pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Mestre e Doutora em Ciência da Computação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Fabio Yoshimitsu Okuyama

(Org.) é professor IFRS - Campus Porto Alegre, com atuação no Mestrado Profissional em Informática na Educação (MPIE/IFRS). Bacharel em Ciência da Computação pela Universidade Estadual de Londrina (UEL). Mestre e Doutor em Ciência da Computação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Anderson Dall Agnol

É Mestre em Informática na Educação pela IFRS - Campus Porto Alegre e assistente em administração na Pró-Reitoria de Ensino do IFRS. Colaborador do Centro Tecnológico de Acessibilidade do IFRS.

Fernanda Motta Ferreira

É aluna do IFRS - Campus Porto Alegre. Bacharel em Biblioteconomia pela Universidade Federal do Rio Grande (FURG) e Mestranda no Mestrado Profissional em Informática na Educação do (MPIE/IFRS).

Rosana Nitsch Pinheiro

É aluna do IFRS - Campus Porto Alegre. Licenciatura em Artes Visuais pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e Mestranda no Mestrado Profissional em Informática na Educação do (MPIE/IFRS).

SUMÁRIO

ÍNDICE REMISSIVO

A

abordagem pedagógica 11, 16, 26, 36, 141, 187
 ABS 63, 168
 aprendizagem criativa 10, 11, 15, 16, 17, 29, 33, 35, 36, 38, 39, 41, 42, 43, 44, 45, 49, 54, 56, 186, 191
 Arduino 24, 31, 68, 143

B

bico extrusor 63, 167
 bidimensional 72, 126, 131
 bitmap 72, 73, 74, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 151
 brincar 53, 55, 60, 187

C

camadas 63, 155, 158, 167, 168, 180, 184
 campo da psicologia 36, 37
 cidadania global 25, 26
 Clubhouse 42, 50, 51, 52, 53
 CNC 14, 59, 62, 64, 65, 66, 68, 107, 143, 190, 191
 comunidades 30, 41, 43, 54
 conhecimento 15, 23, 24, 25, 28, 30, 33, 34, 45, 47, 48, 50, 52, 56, 60, 61, 107, 137, 187
 construcionismo 11, 16, 25, 29, 31, 33, 34
 contexto educacional 10, 11, 135, 136
 cortadora a laser 14, 15, 64, 68, 72, 154
 corte a laser 11, 59, 85, 151, 152, 154

D

desenho vetorial 72, 91, 94, 151
 desenvolvimento criativo 38, 54, 59
 desenvolvimento de atividades 43, 45
 desigualdade 30, 42
 DIY 10, 23, 24, 189

E

educação 10, 11, 16, 26, 28, 29, 30, 31, 33, 35, 41, 44, 48, 61, 135, 136, 140, 142, 146, 186, 187, 189, 190, 191, 192
 educação brasileira 31, 142
 empreendedorismo 59, 60
 ensino 10, 11, 28, 31, 33, 35, 36, 38, 41, 42, 43, 44, 46, 47, 49, 135, 137, 138, 141, 143, 186, 189
 escola tradicional 35, 48
 estratégia pedagógica 10, 28, 29, 31
 estudo da criatividade 36, 37, 189
 EVA 67

F

fab labs 17, 59, 60, 61, 62, 63
 fabricação digital 10, 11, 15, 16, 23, 24, 25, 59, 60, 61, 62, 72, 73, 78, 107, 135, 186, 187
 ferramenta 46, 68, 77, 84, 90, 95, 102, 107, 108, 113, 115, 117, 127, 128, 130, 154, 159, 161, 169, 172
 filamentos 62, 168

G

G-Code 68, 69

I

impressão 11, 63, 67, 107, 168, 169, 170, 171, 172, 180, 181, 182, 184, 185
 impressoras 3D 24, 31, 43, 59, 63, 167
 infância 31, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 186, 190, 191
 Inkscape 11, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 151, 155, 157
 inovação 16, 24, 25, 26, 28, 60, 187, 189

Instructables 135, 142, 143, 144, 145, 146

J

jardim de infância 43, 44, 186

M

mão na massa 15, 16, 17, 25, 26, 28, 30, 31, 41, 46, 191

máquina de corte 11, 85, 151, 152, 154

MDF 62, 64, 151, 153

modelagem 2D 72, 73, 155

modelagem 3D 63, 107, 108, 119

movimento maker 10, 11, 16, 17, 24, 25, 33, 60, 187, 190

O

objetos digitais 107, 167

objetos físicos 59, 167

P

Paixão 11, 29, 44, 49, 50

Pares 11, 29, 44, 53, 54

pensadoras criativas 29, 39, 46

pensamento criativo 36, 37, 39, 44, 47, 49, 53, 54, 56

pensar brincando 55, 56

Photoshop 74, 151

PLA 63, 168

plano de trabalho 112, 113, 114, 115, 117, 119, 120, 124, 126, 129, 130, 131, 148,

170, 171, 179

plotters 63, 67

processo criativo 36, 37, 39

processo de aprendizagem 28, 31, 35, 41, 43, 45, 49, 52, 56

programação 15, 16, 25, 34, 41, 46, 47, 54

Projeto 44, 45, 47, 108, 109, 110, 111, 112, 145, 146

prototipagem 24, 60, 68

R

Repetier-Host 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185

repositórios 11, 17, 64, 135, 147

S

Scratch 31, 41, 47, 51, 54, 56

Scribble 126, 130

software 15, 31, 52, 68, 73, 151, 153, 154, 155, 156, 157

T

tecnologias 10, 16, 17, 23, 24, 25, 29, 31, 34, 43, 46, 47, 54, 56, 186, 187, 190

tecnologias digitais 23, 24, 31, 34, 46, 56, 190

teoria construcionista 33, 35

termoplásticos 62, 167

Thingiverse 135, 136, 137, 139, 140, 141, 145

Tinkercad 11, 63, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 139, 147, 148, 149

V

vetor 72, 74, 75, 76, 79, 82, 83, 85, 87, 93, 94, 101, 105, 128, 151



ORGANIZADORES

André Peres

Sílvia de Castro Bertagnolli

Fabio Yoshimitsu Okuyama

FABRICAÇÃO DIGITAL EM ESPAÇOS CRIATIVOS EDUCACIONAIS

www.pimentacultural.com



MPIE
Mestrado Profissional em
Informática na Educação



INSTITUTO FEDERAL
Rio Grande do Sul



pimenta
cultural